



Gustavo A. Vázquez

Tesis doctoral

**APRENDIZAJE DE SECUENCIAS
Y
SEÑALIZACIÓN CONTEXTUAL**

Departamento de Psicología Social, Básica y Metodología
Facultad de Psicología



Gustavo A. Vázquez

Tesis doctoral

**APRENDIZAJE DE SECUENCIAS
Y
SEÑALIZACIÓN CONTEXTUAL**

Departamento de Psicología Social, Básica y Metodología
Facultad de Psicología

Tesis doctoral dirigida por:
Dr. Luis Jiménez

Santiago de Compostela, 2008

LUIS JIMÉNEZ, Profesor Titular del Departamento de Psicología Social, Básica y Metodología de la Facultad de Psicología de la Universidad de Santiago de Compostela

INFORMA

Que la Tesis Doctoral realizada por D. Gustavo A. Vázquez con el título ‘Aprendizaje de secuencias y señalización contextual’, ha sido elaborada bajo mi continua supervisión, y reúne los requisitos de rigor metodológico, originalidad y calidad científica exigibles para ser defendida públicamente.

Y para que conste a los efectos oportunos, firmo la presente.

En Santiago de Compostela, a 17 de Julio de 2008

Fdo. Luis Jiménez

‘Cualquiera que sea la forma que adopte la vida humana, sus elementos son siempre los mismos, de ahí que en lo esencial, en todas partes sea ella también la misma: ya se viva dentro de una cabaña o en la corte, en un convento o en el ejército. (...) Y es que el curso de nuestra vida no es sólo nuestra propia obra, sino el producto de dos factores, a saber: la serie de los acontecimientos y la serie de nuestras decisiones. El destino baraja las cartas y nosotros jugamos.

Mientras exista todavía una duda acerca de la conclusión de un asunto peligroso, mientras quepa aún la posibilidad de que el resultado sea favorable, no hay que pensar en desfallecimiento alguno, sino únicamente en resistir.’

Aforismos sobre el arte de saber vivir, Arthur Schopenhauer.

Otra vez para ti, mi querido hermano:

Ni un solo día dejo de recordarte.

También para ti Padrino:

Por el cariño que nos has dejado a Gaby y a mí (y con cuánto cariño pienso en ello).

Y como no podía ser de otra forma, Arthur y Friedrich, de nuevo nos encontramos:

Pasan los siglos y permanecéis, guiando y anticipándoos.

Índice

Agradecimientos	xi
Abreviaturas	xiii
Resumen	15
1. Aprendizaje implícito: definición	17
2. Paradigmas experimentales en el estudio del aprendizaje implícito	21
Gramáticas artificiales	21
Control de sistemas	22
Aprendizaje de secuencias	24
Medida indirecta	26
Validez	27
Complejidad	28
Medida directa	29
3. ¿Qué se aprende?: reglas y series, características no controladas, estructura estadística	35
Modelo SRN	37
4. Aprendizaje de secuencias: ¿recursos?	41
Doble tarea: hipótesis de los recursos	43
Interpretaciones alternativas: supresión, intrusión y desorganización	45
Doble aprendizaje	51
Doble señal	53
Un paradigma reciente: señalización contextual	55
5. Aprendizaje de secuencias: ¿perceptivo o motor?	63
Perspectiva de aprendizaje motor	64
Perspectiva de aprendizaje perceptivo-motor	65
Perspectiva de aprendizaje perceptivo	66
6. Los experimentos	69
Experimento 1. Adaptación del paradigma de señalización contextual	72
Experimento 2. Aprendizaje de secuencias en una tarea de búsqueda	84
Experimento 3. Señalización contextual y secuencias perceptivas	94
Experimento 3a. Secuencias probabilísticas	95
Experimento 3b. Secuencias deterministas	105
Experimento 4. Señalización contextual y secuencias motoras de segundo orden	116
Experimento 5. Señalización contextual y aprendizaje explícito de secuencias	123
Experimento 5a. Secuencias probabilísticas	124
Experimento 5b. Secuencias deterministas	134
7. Discusión general	143
Aprendizaje de secuencias y señalización contextual	145
8. Conclusiones	155
9. Referencias	159

Agradecimientos

En primer lugar tengo que agradecerte el haberte ocupado de mí durante este trayecto: desde los cafés y las risas hasta esos otros momentos, más duros, que también forman parte esencial de esta expedición. También el que me hayas ayudado a pulir el científico que espero exista en mí. Por la confianza, el respeto, la paciencia, los consejos y en general, por la oportunidad de una etapa que verdaderamente he disfrutado y que además me ha permitido madurar y crecer. Gracias Luis.

Bueno, ahora que el jefe está contento y no mira (?), me gustaría mencionar a esas otras personas que, de una u otra forma, también han tenido algo que ver en todo esto. No quiero olvidarme del equipo que se encuentra en Minneapolis: Yuhong Jiang, una científica gigante que sorprende cada día con su cabeza y su buen humor y a quien nunca le falta una buena pregunta con la que intentar saciar sus ganas de aprender; Tal Makovski (how is it going?), por la vida en el laboratorio, los experimentos, y el *recreo*; Matt Hayes (awesome!), por las charlas (¡y la tarta!); Khena Swallow & Vivek, por esos momentos; Sheng He, otro de los grandes que todavía sabe comportarse como un estudiante más. Kelly (The Cedar, the *dungeon*!), Julie (for your kindness) & Peter Carver (*cooking course*) [& Skye]. Ernie Kalnins: esos desayunos llenos de risas y vueltas a casa filosóficas. Días inolvidables.

Ya de vuelta, Bea, Amavia, María (te lo dije): por los comentarios, las risas. Compañeros de viaje. También tengo presentes a quienes han estado ahí cuando comencé la travesía: Chusiña, Carmen, Jose: por el tiempo, la escucha, (que no son poca cosa) y los buenos y no tan buenos momentos que hemos pasado juntos desde 1997. Miguel Alcaraz, Isabel Fraga, por preguntarme, por *reflexionar* allá abajo. Francisco Esmorís, por las charlas, las palabras cargadas de sentido, la tranquilidad y la cortesía (momentos edificantes); Antonio Álvarez, por el ánimo en las tardes de laboratorio. La gente majísima de Granada y sus lugares: Ana Chica, Joaquín Vaquero, Juan Lupiáñez. Por los consejos, las risas, la ilusión (eso sí, sin *mala follá*). Y por supuesto, quiero dar las gracias a cada uno de los participantes que *voluntariamente* han dedicado parte de su tiempo a estar encerrados en el laboratorio.

Ahora quiero deciros algo a quienes habéis estado más cerca, desde siempre: Gaby (otra de las mentes que me conduce hasta nuevas posibilidades), en la vanguardia, como debe ser. Tata, Tití, Pica: consejo, cariño, confianza, apoyo,... y lo que haga falta. A todos, gracias por la sabiduría. Papá, por los principios y la potencia para enfrentarme al camino. Mamá, por estar ahí.

Y ya para terminar, Sonia López Bouzamayor, quiero agradecerte la ayuda, el apoyo, la confianza,... en época de tormenta. Una parte de mí te debe el haber continuado hasta aquí.

Gracias a todos.

Abreviaturas

ms, milisegundos; TR, tiempo de reacción

Resumen

A partir de un nuevo procedimiento en el que se integran los paradigmas de Señalización contextual (Chun y Jiang, 1998, 2003) y Aprendizaje de secuencias (Nissen y Bullemer, 1987), en este estudio se explora la relación entre recursos y aprendizaje de secuencias perceptivas y motoras, además del efecto del conocimiento explícito de una secuencia sobre el aprendizaje contextual. Los resultados indican que no se produce una interferencia en el aprendizaje de ambas relaciones, si bien el efecto que producen las secuencias perceptivas es más inconsistente. En cuanto al efecto del conocimiento explícito de una secuencia de respuestas sobre el aprendizaje contextual, se observa que éste último deja de expresarse cuando es posible anticipar el siguiente evento sin utilizar la información contextual. Los resultados se discuten en el marco de la investigación relativa al aprendizaje implícito.

1. Aprendizaje implícito: definición

Con frecuencia nos encontramos en situaciones en las que existen regularidades entre diferentes estímulos, que nos ayudan a enfrentarnos de forma más eficaz a las tareas que tratamos de resolver. Por ejemplo, durante un concierto el pianista de una banda de *jazz* utiliza tanto la información que le proporciona la partitura, como la melodía de la guitarra, la batería, el contrabajo y el saxo: a lo largo de la interpretación se basa tanto en información específica, organizada de manera secuencial (las notas representadas en la partitura), como en información más general procedente del contexto, que recibe simultáneamente (la ejecución de los otros componentes del quinteto). El aprendizaje de relaciones como ésta constituye un componente fundamental de habilidades como montar en bicicleta, conducir un automóvil, confirmar que un alumno se encuentra en el aula o escribir a máquina. Para caracterizar el conocimiento que se adquiere en este tipo de situaciones, se han realizado diversos experimentos de laboratorio.

En un trabajo pionero, Reber (1967) presentó a un grupo de participantes diferentes cadenas de letras que debían memorizar, y después de una fase de entrenamiento les informaba de que éstas se habían construido de acuerdo con un conjunto de reglas y les pedía que clasificasen un nuevo conjunto de cadenas como pertenecientes o no a la gramática. Sus resultados mostraron que los participantes clasificaban las cadenas con una precisión mayor que la esperable por azar, aunque no eran capaces de verbalizar las reglas. Reber etiquetó este conocimiento como ‘aprendizaje implícito’, y lo caracterizó como la adquisición de un comportamiento eficiente con estímulos complejos con una ausencia casi completa de conocimiento verbalizable acerca de él.

Uno de los aspectos que permiten diferenciar el conocimiento implícito del

aprendizaje más explícito, tiene que ver con la disponibilidad de las representaciones. A partir de la idea de que el desarrollo de conocimiento consciente requiere tiempo, Cleeremans y Sarrazin (2007) plantean que la disponibilidad de las representaciones depende de su cualidad, que constituye una dimensión gradual, de modo que la conciencia no sería una propiedad estática, sino que sería el resultado de un proceso dinámico en el que el sistema aplicaría a la situación el conocimiento disponible para producir las representaciones más adaptadas al servicio de una acción (c.f., Perruchet, Bigand y Benoit-Gonin, 1997). La cualidad de las representaciones vendría determinada por propiedades como la fuerza, esto es, el número de unidades de procesamiento que están implicadas y cuán fuertemente están activadas; la estabilidad, el tiempo que permanecen activas durante el procesamiento; y la distintividad, es decir, por el grado de solapamiento o coincidencia entre representaciones de instancias similares. Las representaciones conscientes diferirían de las no-conscientes en términos de su accesibilidad, la posibilidad de ejercer un control flexible y adaptativo sobre la acción, de manera que las diferencias entre el conocimiento implícito y el más explícito resultarían de cambios continuos y graduales en la dimensión ‘cualidad de la representación’, dando lugar las representaciones más fuertes, estables y distintivas a un conocimiento más accesible.

Además de la definición de aprendizaje implícito propuesta por Reber (1967), trabajos posteriores también tratan de caracterizar este conocimiento (e.g., Berry, 1997; Berry y Dienes, 1993; Cleeremans, 1993; French y Cleeremans, 2002; Reber, 1993; Stadler y Frensch, 1998). Por ejemplo, Berry y Dienes (1993) sugieren que el aprendizaje implícito se produciría sobre material relativamente complejo, en situaciones en las que no siempre se trata de aprender, dando lugar a un

conocimiento difícil de expresar. Estos autores plantean como características principales la especificidad de acceso, ya que resulta menos manipulable y más dependiente de contexto que el aprendizaje más explícito; la adquisición incidental, en lugar de producirse como resultado de un proceso de comprobación de hipótesis; la sensación de intuición, que se manifestaría cuando los participantes en lugar de estar seguros de que producen las respuestas correctas, informan de que sólo creen que éstas lo son o de que simplemente responden al azar; y la robustez, de modo que el conocimiento no-consciente sería más resistente a las alteraciones neurológicas. De forma similar, Dienes y Perner (2002) plantean que el aprendizaje más explícito daría lugar a conocimiento consciente, mientras que el aprendizaje implícito produciría un conocimiento acerca del cual los participantes no serían capaces de informar. De este modo, al revisar las definiciones más conocidas de aprendizaje implícito, se encuentran ciertos aspectos del concepto que las diferentes propuestas coinciden en resaltar (e.g., Frensch, 1998; Shanks, 2005). Frensch (1998) señala que la mayoría destaca su carácter incidental (e.g., Berry y Broadbent, 1988; Reber, 1993; Seger, 1998; Stadler y Frensch, 1994), la ausencia de conocimiento verbalizable (e.g., Lewicki, Czyzewska y Hoffman, 1987; Reber, 1993; Seger, 1998), o el hecho de que se produce sobre material nuevo y que se mantiene en pacientes amnésicos (e.g., Seger, 1998). A partir de estas propuestas, Frensch (1998) concluye que la principal diferencia entre las distintas definiciones se encuentra en el significado que se atribuye al término implícito: mientras definiciones como la de Berry y Broadbent (1988) o Stadler y French (1994) se centran en la adquisición, otros autores consideran además el proceso de recuperación. Frensch (1998) señala que las caracterizaciones que enfatizan el proceso de aprendizaje parecen ser

científicamente más útiles, porque diferencian de modo más eficaz el aprendizaje implícito de conceptos relacionados, son más fácilmente operacionalizables y presentan menor ambigüedad. Finalmente plantea una definición basada en la adquisición incidental y automática de conocimiento sobre relaciones estructurales entre objetos o eventos.

Más recientemente, Shanks (2005) examina diferentes propuestas, desde conceptualizaciones clásicas como la de Reber (1967), hasta planteamientos posteriores como los de Nisbett y Wilson (1977), Dienes y Altmann (1997) o Destrebecqz y Cleeremans (2001) y señala que dos aspectos comunes a todas ellas tienen que ver con la adquisición y el resultado del aprendizaje: los criterios fundamentales del concepto de aprendizaje implícito serían por tanto la adquisición incidental y el hecho de que el conocimiento se exprese sin que los participantes sean conscientes de haber aprendido.

A partir de estas consideraciones, caracterizaremos el aprendizaje implícito como un conocimiento poco accesible, que resultaría de un proceso en el que se desarrollan representaciones relativamente débiles, poco estables y poco distintivas, y cuyas propiedades definitorias vendrían determinadas por el modo en que se adquiere (i.e., aprendizaje) y por la naturaleza no-consciente de su expresión (i.e., implícito). Se trataría de un conocimiento que se adquiere en una situación en la que no se intenta aprender, y que produce un resultado que los aprendices utilizan sin ser capaces de verbalizarlo o incluso sin ser conscientes de haber aprendido. Para explorar el conocimiento que se observa en este tipo de situaciones se han desarrollado diferentes procedimientos experimentales, cada uno de los cuales parece ajustarse en diferente grado a los requisitos que planteamos en la definición de aprendizaje implícito.

2. Paradigmas experimentales en el estudio del aprendizaje implícito

Tradicionalmente se vienen utilizando con mayor frecuencia los paradigmas de gramáticas artificiales, control de sistemas, y aprendizaje de secuencias para abordar el estudio del aprendizaje implícito (e.g., Berry y Dienes, 1993; Cleeremans, Destrebecqz y Boyer, 1998; Clegg, DiGirolamo y Keele, 1998; Czyzewska, 2001; Dienes y Berry, 1994; Reber, 1993; Shanks, 2005). A continuación se detallan las principales propiedades de cada uno de ellos.

Gramáticas artificiales

Tal como se ha descrito más arriba, en la situación de aprendizaje de gramáticas artificiales planteada por Reber (1967), se pide a los participantes que memoricen diferentes cadenas de letras que se generan a partir de las reglas de una gramática acerca de la que no se les proporciona información. Luego se advierte a los participantes de su existencia y se les solicita que clasifiquen un nuevo conjunto de estímulos como pertenecientes o no a la gramática. A continuación se pide a los participantes que especifiquen las reglas mediante un informe verbal. Los resultados suelen mostrar que los participantes clasifican las cadenas como pertenecientes a la gramática con una precisión mayor que la esperable por azar, sin que sean capaces de verbalizar el conjunto de reglas (e.g., Mathews, Buss, Stanley, Blanchard-Fields, Cho y Druhan, 1989; Reber, 1967, 1989a, 1993). Esta disociación entre los resultados de las medidas de aprendizaje y las de conciencia se ha interpretado con frecuencia como evidencia de aprendizaje implícito. Sin embargo, estos datos podrían ser resultado de la diferente sensibilidad de ambas medidas. Durante la tarea de clasificación los participantes podrían estar utilizando

conocimiento sobre el que no tienen demasiada confianza y que además se encuentra por debajo del nivel necesario para verbalizarlo: a pesar de no ser capaces de recuperar la información, podrían seleccionar una de las alternativas basándose en la confianza que perciben en su propio conocimiento. Por el contrario, durante la medida de informe verbal la dificultad para verbalizar la relación provocaría que los participantes no describiesen la gramática, de manera que es posible que una versión más minuciosa de la medida produjese el mismo resultado que la tarea de clasificación (Dienes, 1993). De modo similar, la disociación entre los resultados que muestran ambas tareas podría deberse a que ambas medidas implican contextos diferentes, que podrían no referirse a la misma información (Jiménez, Méndez y Lorda, 1994).

Por tanto, parece que algunas de las características de este procedimiento hacen que el paradigma de gramáticas artificiales no se ajuste a la definición de aprendizaje implícito que hemos planteado: aunque el aprendizaje se produce en condiciones incidentales, las diferencias cualitativas que existen entre la fase de entrenamiento y las dos tareas que se utilizan como medidas de aprendizaje y de conciencia constituyen en todo caso un inconveniente adicional que no permite concretar el tipo de información en que se basan los participantes mientras realizan la tarea.

Control de sistemas

En el paradigma de control de sistemas, desarrollado por Broadbent y sus colaboradores, se establecen contingencias instrumentales dentro de un sistema simulado (e.g., una fábrica de azúcar) entre las respuestas de los participantes y los estados sucesivos del sistema. La tarea que se plantea a los participantes

consiste en alcanzar y mantener ciertos valores en determinadas variables por medio de la manipulación deliberada de otras variables relacionadas, de tal forma que el control sobre las variables objetivo se realiza de manera indirecta (e.g., Berry y Broadbent, 1984, 1987, 1988; Broadbent y Aston, 1978; Broadbent, Fitzgerald y Broadbent, 1986; Hayes y Broadbent, 1988). La relación entre las variables a controlar y las manipuladas se establece por medio de funciones matemáticas que incluyen factores aleatorios (Berry y Broadbent, 1984, 1988), o bien estableciendo cierta demora entre la manipulación de una variable y la respuesta del sistema (Hayes y Broadbent, 1988) para reducir la saliencia de la regularidad, de manera que estas contingencias determinan el estado del sistema a partir de una determinada entrada. Los resultados suelen mostrar que los participantes aprenden a controlar el sistema sin ser capaces de verbalizar las reglas subyacentes (e.g., Berry y Broadbent, 1984, 1988; Hayes y Broadbent, 1988). Sin embargo, también en esta situación se observa que una de las características esenciales de la tarea no se ajusta al primero de los requisitos que asumimos en la definición de aprendizaje implícito: el hecho de proporcionar información explícita acerca de la existencia de una regularidad y solicitar a los participantes que traten de utilizarla de forma deliberada transforma esta preparación en una situación de aprendizaje intencional, lo que no permite considerar el aprendizaje como implícito (Berry, 1994; Berry y Dienes, 1993; Frensch, 1998; Shanks, 2005).

En conjunto estas consideraciones parecen indicar que determinadas propiedades de las preparaciones en las que se incluye una gramática artificial o la simulación de contingencias instrumentales dentro de un sistema, dan lugar a un efecto de aprendizaje que no podemos concluir que sea implícito, al no ajustarse a los requisitos que hemos planteado en la definición. No obstante, a lo largo de las

últimas décadas ha venido utilizándose profusamente un paradigma en el que se examina el aprendizaje de relaciones secuenciales entre estímulos, que parece ajustarse en mayor grado a la definición que hemos planteado.

Aprendizaje de secuencias

El paradigma de aprendizaje de secuencias constituye uno de los procedimientos que se utilizan con mayor frecuencia en la investigación sobre aprendizaje implícito (e.g., Remillard, 2008). En la preparación desarrollada por Nissen y Bullemer (1987) se incluye una tarea de Tiempo de Reacción Serial (TRS), en la que se pide a los participantes que discriminen y respondan a la posición de una serie de estímulos que siguen una relación secuencial. En cada ensayo deben responder con la mayor rapidez y precisión posibles a la localización de un estímulo (e.g., un asterisco) que se presenta en una de varias posiciones, pulsando la tecla correspondiente a su ubicación en ese ensayo. Los estímulos sucesivos siguen una secuencia que se repite a lo largo del entrenamiento, de la que no se informa a los participantes. Para evaluar el aprendizaje, estos autores incluyen un bloque de prueba antes de finalizar el entrenamiento, en el que sustituyen la secuencia de posiciones por una serie aleatoria de localizaciones, y comparan la ejecución en este bloque con la que se observa en los bloques adyacentes, en los que la secuencia se respeta. Si los participantes hubiesen aprendido las relaciones entre las posiciones sucesivas del estímulo, se esperaría observar un enlentecimiento en los TRs durante la prueba, cuando ya no les es posible utilizar la información proporcionada por las posiciones para anticipar la siguiente respuesta. Para evaluar la naturaleza consciente del conocimiento, Nissen y Bullemer (1987) utilizan una tarea de generación en la que presentan otra serie de ensayos en los que piden a

los participantes que respondan pulsando la tecla correspondiente a la posición en la que creen que se presentaría el estímulo en el ensayo siguiente, en lugar de responder a su localización actual. Los resultados que obtienen estos autores en la fase de entrenamiento muestran un enlentecimiento en los TRs cuando la secuencia se sustituye por una serie aleatoria de localizaciones, lo que se ha interpretado como evidencia de que los participantes han aprendido a anticipar la siguiente posición del estímulo en función de su localización en los ensayos previos (e.g., Boyer, Destrebecqz y Cleeremans, 1998; Cleeremans y McClelland, 1991; Lewicki *et al.*, 1987; Nissen y Bullemer, 1987). Sin embargo, los resultados de la medida de conciencia que se incluye en el estudio original indican que los participantes generan correctamente la posición del estímulo con una precisión mayor que la esperable por azar, lo que no permite afirmar que el conocimiento sea implícito, al no satisfacer el segundo de los criterios que planteamos en la definición.

No obstante, estudios posteriores muestran que los participantes aprenden las relaciones durante la tarea de TRS aún cuando en la medida de conciencia no generen las posiciones con una precisión mayor que la esperable por azar. Esto ocurre, por ejemplo, cuando la secuencia incluye algunos ensayos en los que la contingencia no se respeta o cuando la relación es lo suficientemente compleja (e.g., Remillard y Clark, 2001; Willingham, Nissen y Bullemer, 1989). Esto nos indica que en una situación de aprendizaje de secuencias el conocimiento no siempre se hace explícito, y que es posible producir un aprendizaje implícito cuando se manipulan aspectos de la tarea como la validez de la relación o la complejidad de la secuencia.

De este modo, aunque en el estudio original se observa que el conocimiento acerca de la secuencia puede llegar a hacerse explícito (Nissen y Bullemer, 1987), trabajos posteriores indican que propiedades de la tarea como la validez o la complejidad de la relación modulan el grado de conocimiento consciente que se desarrolla en esta preparación. En estas investigaciones se presenta a los participantes una situación de aprendizaje incidental que produce un conocimiento acerca del cual no son conscientes, lo que nos permitiría calificar el efecto como implícito, ya que se ajustaría en mayor grado a los requisitos propuestos en la definición. Además del mayor ajuste, este paradigma presenta otras ventajas que lo hacen adecuado para estudiar el aprendizaje implícito de relaciones secuenciales: el procedimiento plantea una tarea simple que facilita la manipulación de sus propiedades, posibilita que la adquisición de un conocimiento relativamente complejo se produzca sin conciencia, y no sólo permite examinar la naturaleza consciente o no-consciente del conocimiento durante la medida de conciencia (medida directa), sino que también posibilita evaluar el aprendizaje a lo largo del entrenamiento (medida indirecta) (Buchner y Frensch, 1997).

Medida indirecta

Como muestra el estudio realizado por Nissen y Bullemer (1987), en algunos casos los participantes son capaces de descubrir y utilizar de forma deliberada la contingencia para anticipar las respuestas. En otras situaciones, sin embargo, es posible aprender las relaciones sin que el conocimiento se haga explícito, manipulando por ejemplo la proporción de casos en los que se respeta la secuencia o el número de ensayos previos que es necesario considerar para anticipar el siguiente estímulo (e.g., Remillard y Clark, 2001).

Validez

Un modo de diferenciar el tipo de relaciones que se incluyen en una tarea de TRS tiene que ver con el porcentaje de ensayos en que se respeta la contingencia a lo largo del experimento. Cuando la estructura es determinista todos los ensayos son secuenciales, y el aprendizaje suele evaluarse antes de finalizar el entrenamiento presentando un bloque de prueba en el que se reduce la validez de la relación incluyendo ensayos no-secuenciales. A continuación se restablece de nuevo la secuencia, antes de introducir la medida de conciencia (e.g., Nissen y Bullemer, 1987; Shanks, Wilkinson y Channon, 2003). El efecto se calcula habitualmente comparando los TRs correspondientes a los ensayos no-secuenciales que se presentan durante el bloque de prueba con los TRs correspondientes a los ensayos secuenciales que se presentan en los bloques adyacentes, de modo que el aprendizaje se evalúa en un punto concreto del entrenamiento (e.g., Mayr, 1996; Shanks y Channon, 2002). Cuando la secuencia es probabilística, el porcentaje de ensayos secuenciales y no-secuenciales que se presentan a lo largo del entrenamiento se establece al comienzo de la tarea, de modo que cada bloque incluye una determinada proporción de ambos. En este caso no es necesario introducir un bloque de prueba para evaluar el efecto, ya que es posible evaluar el aprendizaje de forma dinámica, comparando la evolución de los TRs correspondientes a ensayos secuenciales y no-secuenciales a lo largo del entrenamiento (e.g., Remillard y Clark, 2001; Schvaneveldt y Gomez, 1998).

El hecho de que las secuencias deterministas y probabilísticas permitan a los participantes anticipar las respuestas en cada ensayo, o sólo en un determinado porcentaje de casos, respectivamente, con frecuencia produce diferencias en el grado de conocimiento explícito. Mientras las relaciones deterministas hacen

posible el desarrollo de un conocimiento más explícito al confirmar constantemente las predicciones de los aprendices, la estructura de las secuencias probabilísticas permite administrar largos períodos de entrenamiento sin favorecer que el conocimiento se haga tan explícito. Además, el ruido que se introduce en las relaciones probabilísticas las hace más parecidas al contexto real en el que se adquieren ciertas habilidades que implican relaciones secuenciales: normalmente el proceso de adquisición requiere largos períodos de práctica con material que contiene regularidades que no se cumplen en cada momento (Jiménez, 2003). De este modo, el hecho de que el conocimiento se haga menos explícito cuando se utilizan secuencias probabilísticas, hace estas relaciones más adecuadas para el estudio del aprendizaje implícito.

Complejidad

Tanto en las secuencias deterministas como en las probabilísticas es posible manipular el tamaño del fragmento que es necesario considerar para poder anticipar el siguiente estímulo (e.g., Reed y Johnson, 1994; Remillard, 2008). En la investigación sobre aprendizaje implícito suelen incluirse secuencias de primer y segundo orden (e.g., Hoffmann y Koch, 1998; Remillard y Clark, 2001). En las secuencias de nivel 1 la consideración del ensayo actual es suficiente para predecir el siguiente evento, mientras que en las secuencias de orden 2 es necesario considerar el ensayo anterior además del actual para desambiguar el contexto y anticipar la siguiente respuesta. Como en el caso anterior, también la complejidad de las relaciones afecta al grado de conocimiento consciente que desarrollan los participantes durante el entrenamiento, siendo las relaciones más sencillas las que tienden a producir un aprendizaje más explícito (e.g., Remillard y Clark, 2001).

Aunque con menor frecuencia, también se han realizado estudios en los que se incluyen secuencias híbridas, en las que se combinan relaciones únicas y ambiguas, esto es, información de nivel 1 y 2, respectivamente (e.g., Cohen, Ivry y Keele, 1990; Frensch, Lin y Buchner, 1998). Por ejemplo, utilizando este tipo de estructuras, Cohen, Wasserman y Soroker (1997) han observado que en casos de negligencia espacial unilateral se aprende la información de orden 1, pero no las transiciones ambiguas.

En conjunto, parece que tanto la validez como la complejidad de la secuencia permiten limitar el grado de conocimiento explícito que se desarrolla en una tarea de TRS: el hecho de que la secuencia permita anticipar con seguridad la siguiente respuesta, o la necesidad de considerar sólo el ensayo previo para anticipar el siguiente, suele favorecer que el aprendizaje se haga más explícito; en cambio, cuando no es posible conocer en cada ensayo cuál será la siguiente respuesta, o es necesario considerar varios elementos previos para anticipar el siguiente estímulo, el conocimiento suele ser menos consciente. No obstante, para calificar como implícito con relativa certeza el aprendizaje que se observa en esta situación, es necesario realizar una evaluación correcta de la naturaleza no-consciente del conocimiento. Para ello es fundamental asegurarse de que la medida de conciencia satisface determinados requisitos.

Medida directa

La medida de conciencia que se administra después del entrenamiento suele consistir en un informe verbal, una tarea de reconocimiento de fragmentos o diferentes tipos de tareas de generación (e.g., Cleeremans *et al.*, 1998; Destrebecqz y Cleeremans, 2001, 2003). En el informe verbal se pregunta a los

participantes si han notado la existencia de una regularidad durante el entrenamiento y se les pide que la describan (e.g., Cleeremans y McClelland, 1991; Reber, 1989b). En la tarea de reconocimiento de fragmentos se presentan a los participantes conjuntos de ensayos para que respondan a ellos y a continuación los clasifiquen como pertenecientes o no a la secuencia (e.g., Perruchet y Amorim, 1992; Perruchet y Pacteau, 1990, 1991; Reed y Johnson, 1994). En la tarea de generación se les pide que indiquen en cada ensayo dónde creen que se presentaría el siguiente estímulo, en lugar de responder a la posición actual. Por ejemplo, en el estudio realizado por Nissen y Bullemer (1987), cada bloque se inicia con la presentación de un estímulo, y el paso de un ensayo a otro se produce después de emitir la respuesta correcta. En la tarea de generación libre se pide a los participantes que intenten reproducir a lo largo de un número determinado de ensayos la secuencia que han visto anteriormente, sin proporcionarles información acerca de si sus predicciones son o no correctas (e.g., Destrebecqz y Cleeremans, 2001; Perruchet y Amorim, 1992; Shanks *et al.*, 2003). Por último, en la tarea de generación con indicios suelen presentarse varios bloques de ensayos idénticos a los mostrados durante el entrenamiento, con la diferencia de que en el último ensayo de cada bloque se proporciona más de una señal como alternativa de respuesta. En cada bloque los participantes realizan la tarea de TRS, excepto en el último ensayo, en el que deben seleccionar en función de los ensayos previos la opción que crean que forma parte de la secuencia (e.g., Reed y Johnson, 1994; Stadler, 1989). Aún cuando en principio podría evaluarse la naturaleza consciente del conocimiento utilizando como medida directa cualquiera de estas situaciones, es conveniente examinar las características fundamentales de cada una y considerar los posibles inconvenientes que podrían limitar el alcance de nuestras conclusiones.

Para valorar de manera adecuada si el conocimiento que se desarrolla a lo largo del entrenamiento es más o menos explícito, es importante que la tarea satisfaga ciertos requisitos relativos a la comparabilidad entre las medidas de aprendizaje y de conciencia (Reingold y Merikle, 1988; Shanks y St. John, 1994). Los procedimientos para evaluar el aprendizaje sin conciencia deberían basarse en disociaciones entre medidas directas e indirectas que cumplan los criterios de información y sensibilidad (Shanks y St. John, 1994). En el criterio de información se plantea que la medida directa debería basarse en el mismo conocimiento que sustenta el aprendizaje que se observa en la medida indirecta. El criterio de sensibilidad, en cambio, propone que la medida directa debería ser sensible a todo el conocimiento consciente disponible acerca de las contingencias. Además de basarse en información similar y de captar el conocimiento explícito, la comparación entre las dos medidas debería implicar la misma discriminación, y ambas deberían ser lo más comparables posible en cuanto al contexto y demandas de la tarea, si bien es cierto que desarrollar una medida que satisfaga ambos criterios resulta muy complejo (Reingold y Merikle, 1988). Sin embargo, en el caso de algunas de las medidas que con frecuencia se utilizan para evaluar el carácter consciente del aprendizaje que se produce en una tarea de TRS, no se cumplen estos criterios.

En el contexto concreto del aprendizaje de secuencias, es difícil asegurar que al incluir una medida de informe verbal los participantes proporcionen todo el conocimiento consciente de que disponen, o que al modificar el contexto de la tarea les sea posible utilizarlo (Reber, 1989b; Shanks, 2005; Shanks y Johnstone, 1998; Shanks y St. John, 1994). También es difícil asegurar que se responda

utilizando la misma información que se ha considerado durante el entrenamiento (Shanks y St. John, 1994).

La medida de reconocimiento de fragmentos también presenta dificultades para ajustarse al criterio de información: durante la tarea de reconocimiento de fragmentos se juzgan conjuntos de ensayos como un todo en lugar de responder a cada ensayo, lo que permite que en las respuestas de los participantes influya no sólo la probabilidad del último elemento en el contexto de los ensayos previos, sino también cualquier otra transición secuencial que se encuentre en el fragmento, por lo que la medida podría estar captando información distinta de la que es relevante para la obtención de los efectos indirectos de aprendizaje de secuencias (Jiménez, Méndez y Cleeremans, 1996a).

La dificultad para ajustarse al criterio de información también se observa en la medida de generación que desarrollan Nissen y Bullemer (1987) y en la tarea de generación libre. En el primer caso, el hecho de proporcionar información acerca de la respuesta correcta en cada ensayo dificulta averiguar si la tarea evalúa el conocimiento adquirido durante el entrenamiento o un aprendizaje que podría producirse durante la propia prueba (Perruchet y Amorim, 1992). Por lo que respecta a la tarea de generación libre, la medida puede proporcionar más información acerca de lo que los participantes esperan a partir de los fragmentos que ellos mismos generan, que a partir de los fragmentos experimentales: esto puede provocar que no generen ciertos fragmentos y por lo tanto impide averiguar qué esperarían los participantes después de ellos, lo que afecta a la comparación de sus expectativas con las respuestas a la tarea de TRS (Jiménez *et al.*, 1996a). La tarea de generación con indicios, en cambio, parece ajustarse más a los criterios de información y sensibilidad que las medidas anteriores. En este caso no se

proporciona información acerca de la respuesta correcta en cada ensayo y además se asegura el muestreo del conjunto de fragmentos correspondientes a toda la secuencia, lo que hace la discriminación más parecida a la que se realiza durante el entrenamiento (Reingold y Merikle, 1988; Shanks y St. John, 1994).

En general, podemos apreciar que algunas de las características de las tareas de infome verbal y reconocimiento de fragmentos, y de la medida de generación libre y de la versión presentada por Nissen y Bullemer (1987), dificultan que estas medidas satisfagan de manera adecuada los criterios de información y sensibilidad, ya que implican una discriminación no demasiado comparable a la que realizan los aprendices durante el entrenamiento. Por otra parte, considerando las similitudes existentes entre la medida de TR y la tarea de generación con indicios, podría decirse que es ésta la medida que más se ajustaría a las consideraciones propuestas por Reingold y Merikle (1988) y Shanks y St. John (1994), ya que reduce en mayor grado las diferencias relativas al contexto y las demandas de la tarea. Aunque no se descarta que esta medida directa pudiera ser sensible a algún conocimiento no consciente, asumimos que la comparación de la sensibilidad de ambas medidas (i.e., medidas directa e indirecta) permite evaluar de forma relativamente satisfactoria el grado en que el conocimiento obtenido es consciente.

En resumen, vemos que el aprendizaje que se produce en una situación de aprendizaje de secuencias se ajusta más a nuestra definición de aprendizaje implícito que el que se observa en los paradigmas de gramáticas artificiales o control de sistemas. Por lo que respecta a las características del procedimiento, éstas permiten variar el grado de conocimiento explícito que se desarrolla a lo largo de la práctica, manipulando propiedades de la secuencia como la validez o la complejidad. Para valorar si el conocimiento que se observa en esta preparación es

más o menos consciente disponemos de varias medidas directas de esa información, de entre las cuales la tarea de generación con indicios parece ser la que más se ajusta a los requisitos que debe satisfacer una medida de este tipo, al implicar una discriminación más parecida a la que se solicita durante el entrenamiento.

3. ¿Qué se aprende?: reglas y series, características no controladas, estructura estadística

Además de los trabajos en los que se investiga el carácter implícito del aprendizaje de relaciones secuenciales, otras investigaciones han tratado de examinar cuál podría ser el contenido de este aprendizaje. A continuación se presentan tres alternativas acerca de lo que se puede estar aprendiendo en una situación como ésta.

En la investigación sobre aprendizaje implícito de secuencias se han propuesto diferentes alternativas teóricas acerca de lo que se podría estar aprendiendo en una tarea de TRS. Una de ellas tiene que ver con un aprendizaje literal de las reglas que define el experimentador, o bien del conjunto de ejemplares que resulta de la aplicación de dichas reglas (e.g., Lewicki, Hill y Bizot, 1988). Otros autores plantean que en lugar de aprender las mismas reglas que se establecen durante la tarea o las series concretas que resultan de su puesta en práctica, los participantes podrían estar aprendiendo reglas más sencillas, basadas en características no controladas del material (e.g., Perruchet, Gallego y Savy, 1990). Un tercer planteamiento sugiere que, en lugar de aprender series concretas o reglas de mayor o menor complejidad, los participantes captarían la estructura estadística de la relación de manera gradual y continua (e.g., Soetens, Melis y Notebaert, 2004). Jiménez (1996) analiza esta cuestión y expone estas alternativas, ejemplificándolas a partir de un procedimiento diseñado por Lewicki *et al.* (1988). En la tarea que desarrollan estos autores los participantes responden a la localización de un estímulo que se presenta en cada ensayo en una de cuatro posiciones posibles, correspondientes a los cuatro vértices de un cuadrado invisible,

utilizando una correspondencia estímulo-respuesta compatible. Las posiciones siguen una secuencia establecida a partir de un complejo conjunto de reglas que da lugar a 12 series de 5 movimientos. Para evaluar si el aprendizaje de las relaciones es implícito, los experimentadores alteran las reglas al final del entrenamiento, y a continuación administran una medida de conciencia que consiste en una prueba de informe verbal. Los resultados que obtienen Lewicki y sus colaboradores muestran que los participantes responden con mayor rapidez cuando se respetan las reglas, y que al preguntarles acerca de las relaciones, estos no son capaces verbalizarlas. A partir de estos datos los autores concluyen que el aprendizaje de las relaciones entre las posiciones sucesivas es implícito, y plantean que su contenido podría referirse a las reglas definidas por los experimentadores, o bien al conjunto de series que resultan de la aplicación de dichas reglas. Dicho aprendizaje tendría lugar por medio de un proceso que detectaría de manera automática las regularidades, con independencia de su nivel de complejidad.

Posteriormente, Perruchet *et al.* (1990) examinaron las propiedades de la situación desarrollada por Lewicki *et al.* (1988) y sugirieron que el aprendizaje podría no referirse al conjunto de reglas o de ejemplares que se derivan de las mismas. En su lugar, los autores plantearon que los participantes podrían estar siguiendo un pequeño número de reglas abstractas, basadas en características no controladas del material. Concretamente, estos autores señalaban que en la tarea de Lewicki *et al.* (1988) algunos movimientos eran menos frecuentes (e.g., horizontales), y que esas transiciones se producían más a menudo en los ensayos de control. Si los participantes aprendían a no esperar ese tipo de movimientos, su aparición en los ensayos de control podría ser responsable del enlentecimiento observado. De hecho, una réplica de este estudio permitió contrastar algunas

predicciones derivadas de esta hipótesis, y confirmó en general la validez de la interpretación.

Otros trabajos, sin embargo, plantean que tanto los resultados del experimento original como los presentados por Perruchet *et al.* (1990) podrían explicarse por medio de un mecanismo que capte la estructura estadística de la regularidad (e.g., Cleeremans, 1993; Soetens *et al.*, 2004). Para explicar cómo aprenderían los participantes esas relaciones de dependencia estadística, estos autores proponen un modelo conexionista capaz de simular este mecanismo de aprendizaje, que llevaría a cabo un proceso gradual de detección de contingencias. Por medio de este proceso, el modelo captaría la estructura estadística de las relaciones, tal como queda definida a partir del conjunto de probabilidades condicionales de cada posible suceso en cada contexto, en lugar de extraer reglas de distinto grado de complejidad. A medida que aumenta la práctica, el sistema aproximaría más sus estimaciones a las probabilidades condicionales reales por medio de un proceso de ajuste que al mismo tiempo, iría aumentando el tamaño del fragmento que sería capaz de considerar para emitir las respuestas. Finalmente, estos autores sugieren que el aprendizaje podría llegar a ser más o menos consciente en función de la fuerza de los pesos de las conexiones entre los elementos de la red, de modo que el conocimiento no-consciente se basaría en representaciones relativamente débiles y de corta vida (e.g., Cleeremans y Sarrazin, 2007).

Modelo SRN

Estudios realizados por Fiser y Aslin (2001, 2002) o Hunt y Aslin (2001) confirman algunos aspectos de la alternativa sugerida por Cleeremans (1993) en la que se plantea que en una situación de aprendizaje de secuencias los participantes

podrían estar captando la estructura estadística de las relaciones. En sus trabajos, estos autores muestran que en una tarea de TRS es posible aprender el conjunto de probabilidades condicionales que subyacen a las relaciones. Las simulaciones llevadas a cabo por Cleeremans (1993) indican que el modelo de Red Simple Recurrente (SRN, *Simple Recurrent Network*; Elman, 1990) podría explicar sustancialmente los resultados obtenidos por Lewicki *et al.* (1988) y Perruchet *et al.* (1990). Además, otras simulaciones descritas por Cleeremans y Jiménez (1998) indican que este modelo podría dar cuenta también de otros resultados obtenidos con el mismo paradigma por Ferrer-Gil (1994), que serían difíciles de explicar desde las aproximaciones alternativas.

El mecanismo propuesto por Cleeremans (1993; véase también: Cleeremans y McClelland, 1991; McClelland y Rumelhart, 1988) consiste en una adaptación del modelo SRN. Este modelo puede caracterizarse como una red conexionista de tres capas (unidades de entrada, ocultas y de salida) que funciona como un asociador de patrones (Figura 1), al que se le presenta información relativa al estímulo actual en la capa de entrada, y se le entrena para que produzca el patrón correspondiente al siguiente estímulo en la capa de salida. La práctica con una serie de ensayos secuenciales induce en el modelo un proceso de modificación de los pesos de las asociaciones entre las unidades de cada capa y las unidades de la capa posterior. La magnitud de la variación en los pesos de las conexiones es proporcional al error cometido en cada ensayo. Además el sistema codificaría de manera automática cada evento junto con el fragmento previo, de forma que a medida que se incrementase la experiencia discriminaría con mayor precisión cuál es el sucesor más probable en cada segmento. Para que el modelo pueda considerar fragmentos mayores que el formado por el ensayo actual, incluye una estructura recurrente

formada por unidades de contexto en las que se copia la activación de las unidades ocultas, permitiendo así que esta activación influya en el ensayo siguiente. El aumento del tamaño del segmento se produce de una manera dinámica, y depende del hecho de que cada uno de los eventos previos aumente la capacidad predictiva acerca de la probabilidad condicional de un determinado sucesor.

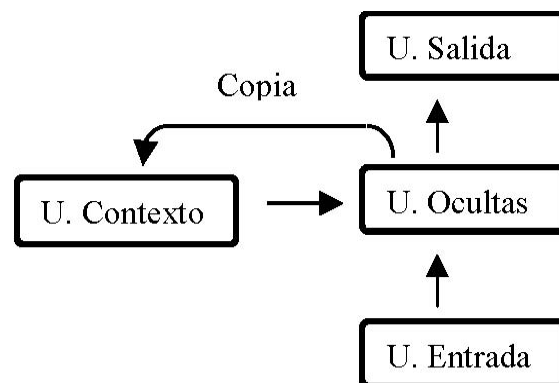


Figura 1. Estructura del Modelo SRN (Cleeremans, 1993; Elman, 1990).

El modelo SRN presenta la ventaja de basarse exclusivamente en procesos asociativos elementales, y la posibilidad de captar la estructura del medio de una manera automática y gradual, sin necesidad de llevar a cabo una abstracción previa, ni de explorar reglas de complejidad arbitraria. Las propiedades de este modelo permiten considerarlo una alternativa explicativa plausible acerca de lo que se supone que podrían realizar los mecanismos implícitos de aprendizaje cuando se enfrentan a una secuencia estructurada de eventos en una tarea de TRS, a diferencia de las capacidades que podrían asignarse a un sistema analítico y explícito de descubrimiento de regularidades.

Una vez definidos los criterios que debe satisfacer un efecto de aprendizaje para que pueda ser considerado como implícito a partir de la definición que hemos planteado (adquisición incidental, efectos no-conscientes), descritas las propiedades de una de las preparaciones que parece más adecuada para su estudio (aprendizaje de secuencias), y discutida la cuestión acerca del contenido del aprendizaje que se produce en una tarea de TRS (estructura estadística), nos centraremos en dos cuestiones que la investigación sobre aprendizaje implícito continúa explorando, y acerca de las cuales hasta el momento no existe una respuesta unánime: la relación entre recursos y aprendizaje, y el papel de los componentes perceptivo y motor en el aprendizaje de secuencias.

4. Aprendizaje de secuencias: ¿recursos?

Una de las cuestiones más debatidas en el área del aprendizaje implícito tiene que ver con la cuestión relativa a si este aprendizaje, además de producirse de manera no-consciente, es automático en el sentido de producirse independientemente de la atención, o de la disponibilidad de un conjunto de recursos centrales de procesamiento (e.g., Abrahamse y Verwey, 2008; Cleeremans *et al.*, 1998; Clegg *et al.*, 1998; Dennis, Howard y Howard, 2006; Destrebecqz y Cleeremans, 2003; Hazeltine e Ivry, 2003; Keele, Ivry, Mayr, Hazeltine y Heuer, 2003; Perlman y Tzelgov, 2006). Con respecto a esta cuestión, Jiménez y Méndez (1999) plantean que un proceso podría considerarse automático si se produce independientemente de 1) la cantidad de recursos centrales disponible, o 2) los intentos de control (e.g., Hsiao y Reber, 1998; Posner y Snyder, 1975; Schneider y Shiffrin, 1977).

En el campo del aprendizaje de secuencias, con frecuencia se ha abordado esta cuestión estudiando si éste se produce con independencia de los recursos centrales ocupados por la realización de una tarea secundaria. En este tipo de situaciones se plantea que si la ejecución de la tarea adicional requiere de los recursos centrales necesarios para el aprendizaje de la secuencia, éste debería verse alterado. No obstante, si el aprendizaje no requiere de los recursos ocupados por la tarea concurrente, sino que se produce como resultado colateral del procesamiento de los estímulos relevantes, no se esperaría que la segunda tarea afectase al aprendizaje de la secuencia. En otros procedimientos, en cambio, esta cuestión se pone a prueba examinando si una relación se aprende independientemente de que la tarea requiera o no el procesamiento selectivo de las dimensiones de covariación relevantes. Para ello, se han planteado situaciones en las que se establece una

segunda regularidad sobre una dimensión no explícitamente relevante para la tarea. Si el aprendizaje no requiere el procesamiento selectivo de la información relevante, se esperaría que los participantes aprendiesen ambas relaciones aún cuando no fuese necesario responder a la dimensión en la que se establece la relación secundaria. Sin embargo, si el aprendizaje requiere el procesamiento selectivo de la información, se esperaría que éste se produjese sólo cuando los participantes atiendan y procesen la dimensión relevante (e.g., Buchner y Steffens, 2001; Cleeremans, 1997; Cock, Berry y Buchner, 2002; Mayr, 1996; Shin e Ivry, 2002).

Concretamente, para examinar los requisitos atencionales del aprendizaje suelen utilizarse tres procedimientos. La mayor parte de los estudios utilizan situaciones de *doble tarea*, en las que se pide a los participantes que realicen de manera simultánea una tarea de TRS y una tarea adicional, por ejemplo, responder a la posición del estímulo y contar el número de tonos que se presenta en cada bloque (e.g., Nissen y Bullemer, 1987). En otros estudios se incluyen diseños de *doble aprendizaje*, estableciendo al mismo tiempo dos relaciones diferentes sobre la misma serie de estímulos, donde cada relación predice una dimensión distinta (e.g., una secuencia de posiciones y una de colores, véase Mayr, 1996). Con menor frecuencia, algunos trabajos han utilizado procedimientos de *doble señal* en los que se presentan dos señales simultáneas que informan acerca de la misma dimensión del estímulo, por ejemplo, cuando tanto la posición del estímulo objetivo como la de una segunda señal que se presenta en cada ensayo predicen la siguiente localización (e.g., Cleeremans, 1997). Los resultados que se encuentran en estas tres situaciones no siempre son consistentes: mientras algunos estudios muestran que la inclusión de una doble tarea interfiere con el aprendizaje de la

secuencia (e.g., Rowland y Shanks, 2006b), otros autores encuentran que la tarea secundaria no afecta al aprendizaje, o plantean explicaciones alternativas que no se basan en la escasez de recursos para dar cuenta de los efectos encontrados (e.g., Stadler, 1995). En los estudios en los que se incluyen situaciones de doble señal y doble aprendizaje se observan también ciertas inconsistencias: mientras en algunos casos los participantes aprenden ambas relaciones (e.g., Mayr, 1996), en otras investigaciones se encuentra que esto ocurre sólo en determinadas condiciones (e.g., Shin e Ivry, 2002).

Doble tarea: hipótesis de los recursos

Los autores que defienden la hipótesis de los recursos plantean que el aprendizaje de secuencias no se produce como resultado colateral del procesamiento, si no que dependería de la aplicación de un conjunto de recursos centrales de procesamiento (e.g., Nissen y Bullemer, 1987; Shanks, 2003; Shanks y Channon, 2002; Shanks, Rowland y Ranger, 2005; Rowland y Shanks, 2006b). En diversos trabajos se pone a prueba esta idea utilizando situaciones de doble tarea en las que se hipotetiza que si el aprendizaje requiere recursos centrales, podría esperarse que la tarea secundaria provocase una interferencia que no sería esperable en una situación de tarea simple.

En un estudio pionero, Nissen y Bullemer (1987) examinaron el efecto de una tarea secundaria de recuento de tonos sobre el aprendizaje de una secuencia determinista en el contexto de una tarea de TRS, comparando la ejecución en condiciones de tarea simple y doble tarea. Sus resultados mostraron que la secuencia se aprendía en condiciones de tarea simple, pero no cuando se incluía la tarea de recuento. Nissen y Bullemer (1987) concluyeron que la tarea secundaria

requiere ciertos recursos centrales que serían necesarios para aprender la secuencia, de modo que sólo cuando la tarea adicional no está presente es posible aprender y utilizar la contingencia. No obstante, otros trabajos proporcionan evidencia discrepante con esta interpretación, al mostrar que los efectos de la doble tarea limitan el aprendizaje de la secuencia sólo en determinadas circunstancias (e.g., Cohen *et al.*, 1990; Frensch, Buchner y Lin, 1994; Reed y Johnson, 1994). Por ejemplo, Cohen *et al.* (1990) analizan el efecto de una tarea secundaria de recuento sobre el aprendizaje de secuencias deterministas únicas, ambiguas e híbridas que se establecen en la serie de localizaciones. Estos autores encuentran que el efecto de la doble tarea es menor en los grupos en los que la secuencia es única o híbrida. A partir de estos datos Cohen *et al.* (1990) sugieren que el efecto de la tarea de recuento estaría mediado por la complejidad de la secuencia, de manera que aún cuando ambas tareas compartiesen recursos, el establecimiento de relaciones relativamente simples (orden 1) sería suficiente para que los participantes aprendiesen la contingencia. Además estos autores señalan que la ausencia de interferencia que se observa en su estudio podría deberse a que la tarea concurrente es muy diferente de la principal, y plantean que la inclusión de una tarea más parecida podría producir un efecto que no se habría expresado en su estudio. Posteriormente Reed y Johnson (1994) examinan el efecto de una tarea de recuento similar a la que utilizan Cohen *et al.* (1990) sobre el aprendizaje de una secuencia en el contexto de una tarea de TRS en la que incluyen una secuencia condicional de segundo orden (SOC, *Second Order Conditional*; Reed y Johnson, 1994). Estos autores encuentran que la doble tarea no impide el aprendizaje de la relación en esta situación y sugieren que en el estudio de Nissen y Bullemer (1987), en el que se utilizaba una secuencia más sencilla, ciertos fragmentos de la

secuencia podrían haberse adquirido de una manera explícita, especialmente en condiciones de tarea simple. En un estudio más reciente realizado por Jiménez y Vázquez (2005) se exploran estas ideas, examinando el efecto de una tarea secundaria de recuento sobre el aprendizaje de secuencias deterministas y probabilísticas de orden 2. En el estudio se manipula también la relación entre las tareas primaria y secundaria, presentando los tonos objetivo bien de forma aleatoria (relación inconsistente) o bien asociados a dos de las cuatro localizaciones (relación consistente). Los resultados muestran que la tarea de recuento afecta más cuando las secuencias son deterministas, y también cuando la relación entre las tareas es inconsistente; en cambio, la tarea adicional parece no afectar cuando la contingencia es probabilística y cuando se establece una relación consistente entre las tareas. Este patrón de resultados parece inconsistente con una explicación basada en la escasez de recursos, y sugiere más bien que la interferencia se produce cuando la secuencia es susceptible de producir efectos de aprendizaje explícito (i.e., secuencia determinista) y cuando la tarea secundaria introduce eventos aleatorios capaces de desorganizar la secuencia.

Interpretaciones alternativas: supresión, intrusión y desorganización

Como sugieren los resultados comentados en el párrafo anterior, la producción de efectos de doble tarea se puede explicar sin recurrir a una interpretación basada en el efecto de la escasez de recursos sobre el aprendizaje implícito de secuencias. Las diferentes interpretaciones pueden agruparse en tres categorías: hipótesis de la supresión, hipótesis de la intrusión de conocimiento explícito, e hipótesis de la desorganización de la secuencia. La idea fundamental que se plantea en la hipótesis de la supresión es que la tarea secundaria suprimiría la expresión del

aprendizaje, pero no su adquisición (e.g., Frensch, 1998; Frensch *et al.*, 1998; Frensch, Wenke y R nger, 1999; Shanks y Channon, 2002). Para poner a prueba esta idea, Frensch *et al.* (1998) examinan si una tarea secundaria de recuento afecta al aprendizaje de secuencias híbridas, a su expresión o a ambos, en una tarea análoga a que utilizan Nissen y Bullemer (1987). Estos autores entrenan diferentes grupos de participantes en condiciones de tarea simple o doble tarea, variando además la cantidad de práctica en cada una de estas condiciones. A continuación evalúan a los diferentes grupos en una situación de prueba en condiciones homogéneas, bien de tarea simple o de doble tarea. Frensch *et al.* (1998) plantean que si la tarea secundaria afecta a la expresión del aprendizaje pero no a su adquisición, las diferencias en cuanto al tipo de entrenamiento recibido no deberían resultar en diferencias en la magnitud del efecto. Sin embargo, si ésta afecta a la adquisición, sería esperable que los grupos con más experiencia en doble tarea mostrasen un efecto menor. Los resultados que obtienen estos autores muestran que el tipo de entrenamiento no afecta al aprendizaje cuando éste se evalúa en condiciones constantes, y sugieren que la tarea secundaria limitaría sobre todo la expresión del aprendizaje de secuencias y no tanto su adquisición. Sin embargo, otros trabajos muestran resultados difíciles de explicar desde esta hipótesis (e.g., Curran y Keele, 1993). Por ejemplo, Shanks y Channon (2002) examinan el efecto de una tarea de recuento sobre el aprendizaje de secuencias deterministas de orden 2. Para ello entrenan a los participantes en condiciones de tarea simple o doble tarea y a continuación evalúan el aprendizaje transfiriendo a la mitad de los grupos entrenados en tarea simple o doble a una situación de doble tarea o tarea simple, respectivamente, y mantienen las condiciones constantes en los restantes grupos (tarea simple o doble). Los

resultados que observan no replican los obtenidos por Frensch *et al.* (1998), sino que indican un mayor efecto en los grupos entrenados en tarea simple, independientemente de las condiciones de evaluación. A partir de estos datos Shanks y Channon (2002) concluyen que la doble tarea afectaría realmente a la adquisición, y no sólo a la expresión del aprendizaje de secuencias.

Aun cuando se observe un efecto de interferencia de la doble tarea sobre la adquisición de aprendizaje de secuencias, es posible que esta limitación no afecte a la adquisición del aprendizaje implícito, sino a la posibilidad de que se adquiriera simultáneamente una cierta cantidad de conocimiento explícito. La hipótesis de la intrusión de conocimiento explícito se plantea precisamente este argumento, según el cual, la diferencia que se observa entre tarea simple y doble tarea, podría deberse a que las situaciones menos complejas (i.e., en las que no se incluye una tarea adicional) favorecerían que al menos parte del conocimiento se hiciese más explícito, lo que produciría una mejor ejecución (e.g., Cleeremans y Jiménez, 1998; Curran y Keele, 1993; Jiménez y Méndez, 1999, 2001; Schvaneveldt y Gomez, 1998). Curran y Keele (1993) plantean que la tarea secundaria afectaría al aprendizaje explícito debido a que la medida indirecta no sería una medida pura de aprendizaje implícito, sino que también sería sensible a la intrusión de conocimiento explícito. Cleeremans y Jiménez (1998) ponen a prueba la hipótesis de la intrusión de conocimiento explícito en el contexto de una tarea de TRS incluyendo secuencias deterministas y probabilísticas. Los resultados que obtienen muestran que la diferencia entre tarea simple y doble tarea a lo largo del entrenamiento es mayor cuando se utiliza el primer tipo de estructura, y que la transferencia de una situación de tarea simple a una de doble tarea hace que el efecto de aprendizaje se resienta más en este caso. Estos datos serían congruentes

con la idea de que las situaciones menos complejas (i.e., tarea simple) favorecerían la intrusión de un mayor grado de conocimiento explícito, sobre todo cuando las relaciones son relativamente sencillas. Jiménez y Méndez (1999, 2001) confirman esta interpretación utilizando secuencias más complejas (probabilísticas de orden 2) para tratar de controlar la intrusión de efectos explícitos en el contexto de una tarea de TRS. Estos autores encuentran que no se aprende menos en condiciones de doble tarea, y sugieren que es posible limitar el desarrollo e intrusión de conocimiento explícito incluyendo secuencias relativamente complejas, reduciendo así el efecto de la doble tarea.

Resultados compatibles con esta alternativa teórica se observan asimismo en el estudio citado de Jiménez y Vázquez (2005), en el que se compara el aprendizaje de secuencias deterministas y probabilísticas de orden 2 tanto en presencia como en ausencia de una tarea secundaria de recuento de tonos. Los resultados muestran que cuando la secuencia es determinista el efecto de la tarea de recuento es mayor, y que cuando ésta no está presente se desarrolla y expresa un mayor grado de conocimiento consciente. Esta tendencia no se observa, en cambio, cuando la relación es probabilística. En el mismo trabajo, por otra parte, también se observa que el efecto de la tarea de recuento desaparece cuando se establece una relación consistente entre las tareas primaria y secundaria. Este resultado es consistente con la hipótesis de la desorganización, en la que se plantea que las diferencias entre tarea simple y doble se deberían a que la tarea concurrente desorganizaría la secuencia, como resultado de la interposición de estímulos aleatorios que requieren atención y respuesta (e.g., Cock y Meier, 2007; Rah, Reber y Hsiao, 2000; Schmidtke y Heuer, 1997). Stadler (1995) planteó que el efecto de la tarea adicional podría relacionarse con variables de carácter temporal como el intervalo

respuesta-estímulo: la influencia de la doble tarea no tendría tanto que ver con la disponibilidad de un conjunto limitado de recursos centrales, como con la desorganización de la estructura temporal de la secuencia que se produciría al introducir una tarea extra que requiere cierto tiempo para llevarse a cabo, y que contribuiría a modificar los parámetros temporales de la relación. Schmidtke y Heuer (1997) examinaron la hipótesis de la desorganización incluyendo dos secuencias de igual o diferente longitud y manipulando la relación entre las tareas primaria y secundaria. Estos autores planteaban que la tarea secundaria desorganizaría el aprendizaje cuando no es posible integrar las secuencias incluidas en ambas tareas. A diferencia de las tareas de recuento, su tarea secundaria requería una respuesta consistente en pisar un pedal cada vez que se presentaba un determinado tipo de tono. Schmidtke y Heuer (1997) observaron que sólo aprendían ambas relaciones los participantes que además de escuchar la serie de tonos respondían a ella, y que el aprendizaje era mayor cuando ambas contingencias tenían la misma longitud, por lo que podían integrarse en una estructura consistente. También encontraban que al eliminar una de las contingencias el efecto de la otra desaparecía, lo que sugería que ambas secuencias se habrían integrado a lo largo del entrenamiento.

El hecho de que en el estudio de Schmidtke y Heuer (1997) sólo se aprendan las dos secuencias en condiciones de doble tarea es consistente con los resultados de otros trabajos, en los que se plantea que es necesario procesar activamente los estímulos relevantes para que el aprendizaje sobre ellos tenga lugar (e.g., Mayr, 1996). A partir de resultados similares a los de Schmidtke y Heuer (1997), Rah *et al.* (2000) plantean que los participantes podrían no tratar ambas tareas independientemente, y sugieren que la tarea secundaria constituiría una 'fuente

potencial de patrones de covariación adicionales en el entorno' (p. 2), de modo que los participantes rastrearían la situación en busca de regularidades.

En conjunto, los estudios que incluyen situaciones de doble tarea nos muestran que, en general, la interposición de una tarea adicional afecta al aprendizaje de secuencias en determinadas circunstancias: mientras algunos autores plantean que la ejecución de la tarea adicional detraería parte de los recursos centrales necesarios para el aprendizaje de la secuencia, eliminando así el efecto de aprendizaje, otros sugieren que el efecto de la doble tarea estaría modulado por factores como la complejidad de la secuencia o la relación entre las tareas. Los resultados revisados indican que la tarea concurrente podría provocar diversos efectos diferentes, como una interferencia sobre la expresión del aprendizaje, una disminución del aprendizaje explícito, o una desestructuración de la secuencia. El hecho de que cada una de las propuestas se encuentre avalada por diferentes estudios, y de que los resultados de un mismo trabajo sean consistentes con más de una alternativa, indica que una explicación satisfactoria podría requerir la contribución de las tres hipótesis.

Ante esta falta de conclusiones definitivas, podría ser recomendable ampliar el espectro de situaciones estudiadas, analizando procedimientos diferentes. Si la hipótesis a comprobar es la de que un proceso de aprendizaje determinado requiere de la disponibilidad de un conjunto limitado de recursos, entonces una estrategia adecuada podría consistir en incluir como tarea secundaria, en lugar de cualquier otra tarea, una segunda tarea de aprendizaje, que permita examinar si es posible producir dos efectos sin que el aprendizaje de una relación afecte al aprendizaje de la otra. Esta vía se ha abordado por medio de las situaciones de doble aprendizaje y doble señal.

Doble aprendizaje

Aunque no existe demasiada literatura en la que se incluyan situaciones de doble aprendizaje, tampoco en este caso las conclusiones de los diferentes estudios resultan consistentes (e.g., Buchner y Steffens, 2001; Cock *et al.*, 2002; Cock y Meier, 2007; Deroost, Zeischka y Soetens, 2008; Mayr, 1996; Shin e Ivry, 2002). Uno de los estudios más influyentes fue el realizado por Mayr (1996), en el que examinaba el aprendizaje simultáneo de dos secuencias en una tarea de TRS. En una tarea de respuesta a las identidades de los estímulos, el autor establecía dos secuencias de diferente longitud, una en la serie de identidades y otra en las localizaciones sucesivas del objetivo. Mayr (1996) encontró que ambas secuencias se aprenden tanto por separado como cuando se presentan conjuntamente, sin que el aprendizaje sea diferente en uno y otro caso. Además, observó el mismo patrón en grupos que incluían una tarea adicional de recuento. A partir de estos datos el autor sugería que sería posible aprender de forma simultánea dos relaciones independientes sin que el aprendizaje de una limitase el aprendizaje de la otra, y sin que interfiriese una tarea secundaria de recuento. No obstante, estudios posteriores muestran que aunque es posible para los participantes aprender al mismo tiempo dos relaciones en el contexto de una tarea de TRS, esto ocurre sólo en determinadas circunstancias. Por ejemplo, en una situación similar a la de Mayr (1996), pero en la que los participantes responden a una serie de tonos, Buchner y Steffens (2001) exploran el aprendizaje simultáneo de dos secuencias deterministas que se establecen en la serie de tonos y de intervalos respuesta-estímulo. Además, los autores manipulan la relación entre las secuencias, haciéndola única o ambigua. Los datos muestran que sólo se aprenden ambas relaciones cuando mantienen una relación única. A partir de este resultado Buchner y Steffens (2001) sugieren que

este aprendizaje estaría modulado por el tipo relación entre las series, favoreciendo las relaciones de orden 1 la detección y aprendizaje de ambas contingencias, lo que parece coincidir con los planteamientos de la hipótesis de la desorganización (e.g., Rah *et al.*, 2000; Schmidtke y Heuer, 1997; Stadler, 1995). Shin e Ivry (2002) presentan resultados similares: consistentemente con la hipótesis de la integración, encuentran que es posible aprender una secuencia de respuestas y una segunda secuencia que relaciona la serie de intervalos temporales cuando es posible para los participantes integrar ambas relaciones de manera consistente. En otros trabajos, como en el realizado por Cock *et al.* (2002) que ha sido replicado recientemente por Deroost *et al.* (2008), se observa que en una tarea de TRS los participantes pueden llegar a aprender dos secuencias cuando se les presentan dos estímulos y se les pide explícitamente que ignoren uno de ellos, que también sigue una serie previsible de posiciones. Deroost *et al.* (2008) sugieren que si bien es posible aprender ambas relaciones, para que se aprenda la secuencia ignorada es necesario que los estímulos atendidos sigan también una serie estructurada (e.g., Riedel y Burton, 2006).

En resumen, los estudios en los que se ha explorado la relación entre recursos y aprendizaje de secuencias por medio de procedimientos de doble aprendizaje indican que, en general, es posible aprender ambas relaciones cuando cada una de ellas predice una dimensión diferente del mismo estímulo. Sin embargo, de nuevo se observa que esto no ocurre en todos los casos: aunque algunos trabajos muestran que es posible aprender de manera simultánea acerca de dos contingencias, otras investigaciones señalan que el aprendizaje parece estar modulado por factores como el tipo de relación que se establece entre las secuencias o la posibilidad de integrar ambas relaciones.

Doble señal

Existe un reducido número de trabajos en los que la posibilidad de producir simultáneamente dos efectos de aprendizaje se ha manipulado estableciendo dos relaciones predictivas sobre el mismo resultado: nos referiremos a estas preparaciones como situaciones de doble señal (e.g., Cleeremans, 1995, 1997; Jiménez y Méndez, 2001). En uno de los primeros trabajos, Cleeremans (1997) exploró el aprendizaje conjunto de dos relaciones en una tarea de TRS, presentando al mismo tiempo un objetivo a cuya posición había que responder, y una segunda señal que aparecía en la posición en la que con cierta probabilidad podría aparecer el siguiente objetivo. En su estudio las posiciones del objetivo seguían una secuencia generada a partir de una gramática de estado finito que incluía un porcentaje de ensayos aleatorios, y la señal accesoria marcaba la siguiente posición con una validez que variaba en cada grupo (baja, media, alta). Los resultados mostraban que los tres grupos aprendían la secuencia, pero cuando la validez de la señal era alta el aprendizaje de la secuencia no se expresaba hasta que se retiraba la señal explícita. A partir de estos datos Cleeremans (1997) sugería que en una situación en la que se encuentran disponibles dos fuentes de información, puede aprenderse acerca de las dos contingencias sin que se produzca una competición entre ellas, incluso aunque la relación entre la señal y la siguiente posición se haga explícita, y esta señal explícita proporcione información más fiable que la serie de localizaciones del objetivo. De modo similar, en el estudio citado de Jiménez y Méndez (2001) se incluía una secuencia probabilística de localizaciones y una contingencia determinista que relacionaba la identidad del estímulo en el ensayo actual con su posición en el ensayo siguiente. Además, los experimentadores informaban a la mitad de los participantes acerca del valor de la

señal. Los resultados que obtuvieron muestran que el aprendizaje de la serie de posiciones no se ve afectado por la presencia de la segunda señal, incluso cuando ésta se hace explícita. A partir de estos datos los autores señalaron que la existencia de una señal explícita que predice el resultado en cada ensayo no impide el aprendizaje de una relación más compleja que relaciona las respuestas sucesivas.

Los resultados de estos estudios son consistentes con los descritos previamente: parece que en una situación en la que se encuentran disponibles dos relaciones que informan acerca de un mismo resultado, los participantes son capaces de detectar y utilizar ambas contingencias, incluso cuando una de ellas se hace explícita, lo que parece consistente con la idea de que el aprendizaje de secuencias no depende del uso de un conjunto de recursos limitado.

En general, la mayor parte de los estudios revisados muestran que los participantes son sensibles simultáneamente a varias relaciones, y pueden aprender acerca de ambas sin que se observe competición entre ellas. No obstante, esta cuestión no se encuentra completamente cerrada en este momento (Berner y Hoffmann, 2008). La escasez de preparaciones de doble aprendizaje y doble señal hace recomendable la exploración de nuevas variedades de este tipo de manipulaciones. En esta tesis se aborda esta cuestión por medio de una situación en la que se combinan los procedimientos de aprendizaje de secuencias con un paradigma de creciente importancia en la literatura de aprendizaje implícito como es el de señalización contextual (Chun y Jiang, 1998, 2003).

Un paradigma reciente: señalización contextual

Si bien la tarea de aprendizaje de secuencias resulta útil para explorar el aprendizaje cuando la información relevante se presenta secuencialmente, existen otras situaciones en las que la regularidad tiene que ver con el conjunto de elementos que rodea al objetivo en el momento en el que debe emitirse la respuesta. Para explorar el aprendizaje que se produce en un entorno como éste, Chun y Jiang (1998, 2003) han desarrollado el paradigma de señalización contextual, una preparación basada en una situación de búsqueda que ha venido utilizándose cada vez con mayor frecuencia a lo largo de la última década (véase también: Biederman, 1972; Chun, 2000; Chun y Jiang, 1999; Jiang y Chun, 2001, 2003; Jiang y Wagner, 2004; Kawahara, 2007; Olson y Chun, 2001, 2002).

En la preparación original Chun y Jiang (1998) piden a los participantes que localicen en cada ensayo una ‘T’ que se presenta entre un conjunto ‘Ls’ rotadas, y que respondan pulsando una de dos teclas, en función de la orientación de esa ‘T’, que es aleatoria en todos los ensayos. En la mitad de los ensayos (ensayos fijos) los experimentadores asocian la localización del objetivo con un determinado contexto definido por las posiciones, identidades (i.e., grado de rotación) y colores de los distractores, mientras que en la otra mitad el contexto varía en cada ensayo (ensayos variables). Por tanto, sólo el contexto que se presenta en los ensayos fijos proporciona información consistente que ayude a localizar con mayor rapidez el objetivo. Si los participantes aprenden y utilizan la relación, se esperaría observar un efecto de señalización contextual, que se examina calculando la diferencia en los TRs en ensayos fijos y variables. Los resultados que obtienen estos autores muestran que las respuestas son más rápidas en los ensayos fijos, lo que indica que los participantes han aprendido a explotar la relación. Para evaluar si el

conocimiento es implícito, en el procedimiento original Chun y Jiang (1998) utilizan una tarea de reconocimiento en la que presentan contextos fijos y variables, y piden a los participantes que los clasifiquen como viejos o nuevos. Los resultados muestran que los participantes no discriminan ambos tipos de ensayos con una precisión mejor que la esperable por azar, lo que indica que el conocimiento es no-consciente. Sin embargo, para evitar los inconvenientes que presenta una medida de reconocimiento, e incrementar la comparabilidad de la medida directa, Chun y Jiang (2003) incluyen más tarde una tarea de generación con indicios en la que sustituyen el objetivo por otro distractor y piden a los participantes que señalen dónde se habría presentado ese objetivo en cada ensayo. Los resultados muestran que los participantes no generan mejor la posición del objetivo en los ensayos fijos que en los variables, lo que indica que el conocimiento es implícito. De hecho, el único estudio en el que se ha observado una cierta sensibilidad en este tipo de medidas directas es un trabajo de Smyth y Shanks (2008), en el que los autores incrementaron el número de ensayos en la medida directa y encontraron indicios de que el aprendizaje contextual podría ser explícito. La interpretación de estos autores sugiere que la ausencia de efectos encontrada en todos los estudios anteriores podría ser debida a la baja fiabilidad de las medidas de conciencia. No obstante, las implicaciones de este único estudio han de ser igualmente consideradas con cautela, dado que buena parte de sus conclusiones descansan sobre resultados correlacionales y comparaciones *post hoc*.

Además de los trabajos en los que Chun y Jiang (1998, 2003) desarrollan las características fundamentales del procedimiento, en los últimos años se han realizado otras investigaciones en las que se concreta el efecto de aprendizaje contextual. Jungé, Scholl y Chun (2007) exploran la formación y mantenimiento del

aprendizaje contextual examinando la ejecución durante las primeras etapas del entrenamiento en una situación típica de señalización contextual. Los autores comparan los resultados de un grupo de participantes a quienes se presenta una situación en la que responden en primer lugar a un conjunto de ensayos fijos seguido de un conjunto de ensayos variables, con los de un segundo grupo a quienes presentan la situación inversa. Los resultados muestran un efecto de primacía, que indica que los participantes aprenden la relación cuando se presentan en primer lugar ensayos estructurados, pero no cuando al inicio del entrenamiento se presentan sólo ensayos no informativos. Esto indicaría que el efecto de señalización se inicia muy rápido, pero sólo es efectivo cuando la relación se establece en los primeros ensayos.

A partir de la preparación original de señalización contextual, Chun y Jiang (1999) exploran aspectos relacionados con la validez ecológica del efecto, y se preguntan, por ejemplo, si se produce aprendizaje contextual en un entorno dinámico en el que las trayectorias de los distractores informan acerca de la trayectoria del objetivo. Sus resultados muestran que los participantes localizan con mayor rapidez el objetivo cuando existe una relación consistente entre su trayectoria y el movimiento del contexto, y que dicho aprendizaje es no-consciente. Esto indicaría que el aprendizaje contextual no se restringe a la facilitación de la tarea de búsqueda en entornos estáticos, sino que puede mejorar la ejecución también en situaciones más complejas. Brockmole y Henderson (2006) exploran el efecto en entornos más naturales y se preguntan si también en este caso el aprendizaje continúa siendo implícito. Para ello utilizan escenas en las que asocian de manera arbitraria cada imagen con la posición que ocupa el objetivo dentro de ella, y piden a los participantes que localicen el objetivo y respondan a su

identidad (una letra 'T' o una 'L'). Sus resultados muestran que los participantes utilizan las relaciones arbitrarias que se establecen entre las imágenes y las localizaciones del objetivo, y que en estas circunstancias el entrenamiento da lugar a un conocimiento explícito.

Junto al desarrollo del aprendizaje contextual, su producción en entornos dinámicos, o el efecto de las escenas naturales sobre el grado de conocimiento consciente, otros trabajos han investigado su relación con la atención y su amplitud espacial por ejemplo, asociando selectivamente la localización del objetivo con zonas concretas del contexto (e.g., Brockmole, Castelhana y Henderson, 2006; Endo y Takeda, 2005; Jiang y Leung, 2005; Jiang y Wagner, 2004; Olson y Chun, 2002; Rausei, Makovski y Jiang, 2007; Song y Jiang, 2005). Por ejemplo, en una preparación similar a la original, Olson y Chun (2002) exploran si los participantes relacionan de forma global el contexto con la posición del objetivo, o bien sólo parte de los distractores. Los experimentadores asocian la localización del objetivo con los distractores más próximos a éste, de manera que en los ensayos fijos sólo se repita la información local, o bien asocian la posición del objetivo con la zona más alejada del contexto, de modo que únicamente se repita la información más global. Además del efecto habitual de señalización (cuando se repite tanto la información local como la global), los autores encuentran que se aprende la relación contexto-objetivo cuando éste se asocia con los distractores más cercanos, pero no cuando la posición del objetivo se relaciona con la parte más alejada del contexto y se introducen estímulos no informativos en la zona intermedia. Este resultado sería consistente con la idea de que el aprendizaje tiende a verse afectado cuando se introducen elementos aleatorios entre el objetivo y la información relevante (e.g., Jungé *et al.*, 2007). Song y Jiang (2005) exploran

además el papel de las localizaciones concretas de los distractores durante el desarrollo del efecto de señalización. Para ello presentan a los participantes una situación típica de aprendizaje contextual en la que antes de finalizar el entrenamiento evalúan el efecto presentando ensayos fijos en los que sólo se repite un determinado número de elementos. Concretamente, encuentran que la repetición de 3-4 elementos del conjunto de 12 distractores que compone cada contexto es suficiente para que el efecto se mantenga. Además, observan que el efecto es mayor cuando en lugar se seleccionarse al azar del conjunto de distractores, los elementos repetidos se encuentran en la zona más próxima al objetivo. Con respecto al desarrollo del efecto, encuentran que el aprendizaje contextual deja de expresarse cuando durante las primeras fases del entrenamiento se presentan ensayos fijos en los que sólo se repite un número determinado de ítems. De nuevo estos datos indican que, si bien se trata de un efecto robusto, el aprendizaje contextual parece ser más sensible a la información cercana al objetivo. Jiang y Leung (2005) abordan esta cuestión examinando si la relación entre el objetivo y zonas concretas del contexto afecta al aprendizaje contextual o a su expresión, cuando además se favorece el procesamiento de un determinado subconjunto de distractores manipulando su color para que coincida con el color del objetivo. Para ello utilizan una situación típica en la que solicitan a los participantes que localicen una 'T' de color negro que se encuentra situada entre un conjunto de 'Ls' blancas (no atendidas) y negras (atendidas). A lo largo del entrenamiento se presentan a los participantes configuraciones en las que se repiten ambos subgrupos, uno de ellos, o ninguno, y antes de finalizar se incluye una fase de prueba en la que se intercambia el color de los subconjuntos atendido e ignorado. Los resultados indican que durante el entrenamiento la ejecución

mejora cuando se repiten los distractores del color del objetivo (atendidos). Al intercambiar el color de los distractores atendidos e ignorados, persisten los efectos del subconjunto que ahora se presenta en el color del objetivo (previamente ignorado), mientras que desaparecen los efectos del otro grupo (previamente atendido). Los autores concluyen que, si bien la expresión del aprendizaje contextual parece depender de la atención, en esta situación se aprendería también acerca del conjunto ignorado, aunque dicho aprendizaje sólo se expresaría al presentar los ítems en el color atendido.

Otros estudios en los que se ha investigado el efecto de señalización, también han explorado el papel de variables como las características perceptivas de los elementos (e.g., Endo y Takeda, 2002, 2004; Huang, 2006; Jiang y Song, 2005a; Kunar, Flusberg y Wolfe, 2006), la persistencia del efecto (e.g., Chun y Jiang, 2003; Jiang, Song y Rigas, 2005), su transferencia a otras tareas (e.g., Jiang y Song, 2005b), la influencia de aspectos semánticos (e.g., Chun y Jiang, 1999; Goujon, Didierjean y Marmèche, 2007), de la información emocional (e.g., Crawford y Cacioppo, 2002) y temporal (e.g., Olson y Chun, 2001; Ono, Jiang y Kawahara, 2005), las diferencias individuales en el efecto de señalización (e.g., Jiang, King, Shim y Vickery, 2006), o el papel de la modalidad sensorial en que se presenta el material (e.g., Kawahara, 2007).

Teniendo en cuenta las propiedades de esta preparación y los principales resultados, puede decirse que el paradigma de señalización contextual (Chun y Jiang, 1998, 2003) presenta ciertas ventajas que lo hacen adecuado para el estudio del aprendizaje implícito en un entorno de búsqueda. El hecho de que el conocimiento que los aprendices adquieren a lo largo del entrenamiento se ajuste a los requisitos planteados en la definición de aprendizaje implícito (i.e., adquisición

incidental y resultado no-consciente); la inclusión de una tarea de generación con indicios que reduce las diferencias entre las medidas directa e indirecta, haciéndolas más comparables; y el hecho de que la relación no se establezca sobre la serie de respuestas, hacen de esta situación un procedimiento adecuado para el estudio del aprendizaje implícito, y especialmente de su componente perceptivo.

Por tanto, parece que los paradigmas de aprendizaje de secuencias y de señalización contextual constituyen dos de las preparaciones más útiles para estudiar el aprendizaje de relaciones relativamente complejas, cuando éstas se disponen de manera secuencial o simultánea, respectivamente.

En definitiva, tanto el paradigma de aprendizaje de secuencias como el de señalización contextual permiten estudiar efectos que pueden calificarse como implícitos. Una de las aportaciones de esta tesis consistirá en explorar las posibilidad de que ambos efectos se produzcan simultáneamente sin interferencia. En una situación como ésta, el hecho de que los participantes aprendan tanto la contingencia contextual como la secuencial sería consistente con la idea de que ambos aprendizajes se producen como resultado colateral del procesamiento, sin que compitan entre ellos por recursos compartidos.

Además de la relación entre recursos y aprendizaje, se explora el efecto del aprendizaje explícito de secuencias sobre el aprendizaje de la relación contextual cuando ambas contingencias informan acerca de la misma dimensión del objetivo, y cuando cada una de ellas informa acerca de una dimensión diferente. El hecho de que los participantes aprendan la relación contextual cuando la secuencia se hace explícita indicaría que se trata de un efecto robusto, que se produce incluso cuando deja de utilizarse la información que proporciona el contexto y en su lugar se utiliza una segunda fuente de información que permite anticipar el siguiente estímulo.

5. Aprendizaje de secuencias: ¿perceptivo o motor?

Además de la naturaleza automática del aprendizaje implícito de secuencias, que se abordará a lo largo de este trabajo combinándolo con el paradigma de aprendizaje contextual, otra de las cuestiones que continúan explorándose en la investigación sobre aprendizaje implícito tiene que ver con el papel de los componentes motor y perceptivo en este aprendizaje. Si bien existe cierto acuerdo acerca de la naturaleza fundamentalmente motora del aprendizaje de secuencias, en algunos estudios se plantea que también las relaciones que se establecen sobre dimensiones diferentes de la dimensión de respuesta pueden producir un efecto (e.g., Abrahamse y Verwey, 2008; Dennis *et al.*, 2006; Deroost y Soetens, 2006a; Goschke, 1998; Remillard, 2003). Obviamente, en situaciones de señalización contextual la relación es netamente perceptiva, pero la cuestión no es tan clara en aprendizaje de secuencias. En una tarea de TRS los participantes podrían estar aprendiendo una secuencia de respuestas, una secuencia perceptiva de estímulos (e.g., posiciones), o una secuencia que relacione aspectos perceptivos y motores (Remillard, 2003). Diferentes investigaciones sugieren la existencia de evidencia favorable a cada una de las tres alternativas sugeridas por Remillard (2003). Las distintas propuestas teóricas pueden dividirse en tres grupos (Deroost y Soetens, 2006a): la perspectiva de aprendizaje motor plantea que el componente principal del aprendizaje consiste en una secuencia que relaciona la serie de respuestas (aprendizaje R-R) (e.g., Hoffmann, Martin y Schilling, 2003; Rüsseler y Rösler, 2000; Willingham *et al.*, 1989); la perspectiva de aprendizaje perceptivo-motor sugiere que éste puede basarse en ambos tipos de asociaciones (aprendizaje E-R o R-E) (e.g., Abrahamse y Verwey, 2008; Deroost y Soetens, 2006a; Kelly y Burton,

2001; Willingham, 1999; Ziessler y Nattkemper, 2001); y la perspectiva de aprendizaje perceptivo plantea que es posible aprender una estructura que relacione la serie de estímulos (aprendizaje E-E) (e.g., Dennis *et al.*, 2006; Mayr, 1996; Remillard, 2003; Stadler, 1989).

Perspectiva de aprendizaje motor

Uno de los planteamientos más aceptados con respecto a la naturaleza del aprendizaje de secuencias lo caracteriza como una habilidad fundamentalmente motora: en los trabajos que apoyan esta idea se sugiere que en una tarea de TRS los participantes aprenden a relacionar la serie de respuestas (e.g., Hoffmann *et al.*, 2003; Rüsseler, Hennighausen y Rösler, 2001; Rüsseler y Rösler, 2000; Willingham *et al.*, 1989). En uno de los primeros estudios en los que se aborda este problema, Willingham *et al.* (1989) presentaban una tarea de respuesta a los colores de una serie de estímulos que aparecían en distintas posiciones, y examinaban el aprendizaje de la secuencia de respuestas (i.e., colores) así como de una secuencia de tipo perceptivo que se establecía en la serie de localizaciones de esos estímulos. Los resultados mostraban que los participantes aprendían la secuencia de respuestas, pero no la secuencia de posiciones. A partir de estos datos, Willingham *et al.* (1989) sugerían que en esta situación el aprendizaje de relaciones entre respuestas es más robusto que el de relaciones entre estímulos. Sin embargo, cuando en el mismo estudio el grupo motor se enfrentaba a una nueva tarea que requería otro tipo de discriminación, pero en la que debía emitirse exactamente la misma serie de respuestas, lo aprendido en la primera tarea no se transfería a la segunda, lo que sería consistente con la idea de que el componente perceptivo desempeña al menos cierto papel en el aprendizaje de secuencias.

Perspectiva de aprendizaje perceptivo-motor

En otros estudios se plantea que, si bien ambos componentes parecen intervenir en el aprendizaje de secuencias, el componente motor desempeña un papel predominante: los autores que defienden esta perspectiva sugieren que para aprender una relación perceptiva es necesaria la presencia concurrente de una contingencia motora (e.g., Deroost y Soetens, 2006a; véase también: Hoffman, Sebald y Stöcker, 2001; Kelly y Burton, 2001; Willingham, 1998, 1999; Willingham, Wells, Farell y Stemwedel, 2000; Ziessler, 1998; Ziessler y Nattkemper, 2001). Willingham (1999) explora el aprendizaje de relaciones perceptivas comparando un grupo que responde a la tarea de TRS con un grupo que sólo observa la secuencia de localizaciones. Aunque los resultados de su estudio muestran que ambos grupos aprenden la relación entre las localizaciones, cuando excluyen a los participantes más conscientes, los autores encuentran que el efecto únicamente se mantiene en el grupo motor. Willingham (1999) concluye que a pesar de que ambos componentes parecen contribuir al aprendizaje de la relación, la experiencia perceptiva no sustituye a la práctica motora, sino que produce un conocimiento más explícito. A partir de sus resultados, el autor plantea que este efecto de aprendizaje consciente podría explicar los datos obtenidos por Howard, Mutter y Howard (1992), quienes en una situación similar encontraron aprendizaje perceptivo mediante observación.

Un trabajo más reciente realizado por Deroost y Soetens (2006a) refina las conclusiones anteriores. Estos autores exploran el aprendizaje de secuencias motoras y perceptivas, tanto deterministas como probabilísticas, en una tarea de TRS en la que los participantes responden al color de un estímulo que se presenta en diferentes posiciones. En un primer experimento replican los resultados

obtenidos por Mayr (1996), encontrando que los participantes aprenden al mismo tiempo dos relaciones deterministas, una motora (colores) y una perceptiva (posiciones). A continuación examinan el aprendizaje de una relación perceptiva en ausencia de una secuencia motora, presentando a cada grupo un tipo de secuencia. Sus resultados muestran que sólo aprende la relación el grupo al que se le presenta la secuencia de respuestas, tanto cuando ésta es determinista como cuando es probabilística. Deroost y Soetens (2006a) sugieren que la complejidad de las relaciones no parece explicar la ausencia de un efecto de aprendizaje perceptivo, y concluyen que para aprender una relación perceptiva en esta situación es necesaria la presencia de una contingencia motora.

Perspectiva de aprendizaje perceptivo

Sólo en un reducido número de trabajos se ha encontrado que en una tarea de TRS los participantes pueden aprender una secuencia perceptiva en ausencia de una relación motora concurrente (e.g., Dennis *et al.*, 2006; Howard *et al.*, 1992; Mayr, 1996; Remillard, 2003; Stadler, 1989). Como se ha comentado más arriba, Howard *et al.* (1992) encontraron efectos semejantes de aprendizaje de una secuencia de localizaciones en un grupo entrenado y en un grupo que sólo observaba la contingencia, si bien el aprendizaje parecía más explícito en el grupo de observación. En otro estudio también descrito previamente, Mayr (1996) mostró evidencia de aprendizaje de una relación perceptiva junto con una motora cuando ambas eran independientes. El autor concluyó que ambos componentes intervienen en el aprendizaje, y que tanto uno como otro se pueden producir de forma independiente. Este resultado era inconsistente con el trabajo previo de Willingham *et al.* (1989), en el que no se había observado evidencia de aprendizaje

perceptivo. Sin embargo, Mayr (1996) sugería que la diferencia podría estribar en la mayor separación entre las diversas posiciones y en la mayor complejidad de la discriminación usada en su propio procedimiento, que habría hecho necesario realizar movimientos atencionales y/o oculares para llevar a cabo la tarea.

Remillard (2003) analiza el papel del componente perceptivo explorando el aprendizaje de relaciones probabilísticas perceptivas de orden 1, 2 y 3 en una variante de la tarea de TRS, cuando no se incluye una relación motora. El autor plantea que el aprendizaje de contingencias perceptivas podría no expresarse debido a que el beneficio que se produce en los ensayos secuenciales podría no ser lo suficientemente importante como para producir una diferencia significativa, ya que tanto en los ensayos secuenciales como en los no-secuenciales la detección del estímulo y la respuesta a su posición se produciría de manera muy rápida. A partir de esta idea sugiere que para observar un efecto cuando la relación es perceptiva, sería más apropiada una situación que permitiese que la anticipación de la siguiente posición produjese un mayor beneficio en el TR en los ensayos previsibles. Para poner a prueba este planteamiento establece una secuencia en la serie de localizaciones del objetivo en una situación en la que los participantes responden a su identidad, que es aleatoria. En cada ensayo presenta seis estímulos (tres repeticiones de cada identidad), y permite que los participantes preprocesen la localización secuencial incluyendo un intervalo entre la presentación de los estímulos y la señalización del objetivo (mediante una línea horizontal bajo éste). Si los participantes aprenden la secuencia de localizaciones se esperaría que dirigiesen su atención hacia una de las seis posiciones incluso antes de que apareciese la señal, de forma que la respuesta sería más rápida en los ensayos secuenciales. Remillard (2003) encuentra que los participantes sólo aprenden las

secuencias de orden 1, y plantea que aunque es posible aprender una relación perceptiva en ausencia de una contingencia motora, el aprendizaje de relaciones probabilísticas parece ser más débil y sutil que el de secuencias motoras, y estaría modulado por la complejidad de la relación.

En conjunto, la evidencia que sirve de base para las aproximaciones de aprendizaje motor, perceptivo-motor y perceptivo, indica que en una tarea de TRS los participantes pueden aprender tanto una relación establecida sobre la serie de respuestas, como una secuencia que relacione la serie de estímulos sin que esté presente una contingencia motora. En el primer caso, los diferentes estudios muestran que las circunstancias en las que se aprende la secuencia son menos restrictivas que cuando ésta es perceptiva, y señalan además que la complejidad de la contingencia parece modular el aprendizaje de este tipo de secuencias. De este modo, aunque existe cierto acuerdo acerca de la intervención de ambos componentes en el aprendizaje, es preciso continuar explorando la relevancia del componente perceptivo en el aprendizaje de relaciones secuenciales, así como las condiciones en las que tiene lugar y los posibles problemas metodológicos que pueden afectar a su expresión (Deroost y Soetens, 2006a; Remillard, 2003).

Con respecto a la exploración de la relación entre recursos y aprendizaje, en esta tesis se manipula además la naturaleza de la secuencia, haciéndola perceptiva o motora: esto nos permitirá examinar si el hecho de establecer las relaciones contextual y secuencial sobre la misma dimensión (situación de doble señal) o sobre dimensiones diferentes (situación de doble aprendizaje) puede afectar al grado de competición observado entre el aprendizaje de ambas contingencias.

6. Los experimentos

La investigación con situaciones de doble tarea, doble aprendizaje o doble señal indica que es posible producir efectos de aprendizaje implícito independientemente de la disponibilidad de los recursos ocupados por la realización de esas tareas. En cambio, otros estudios muestran resultados inconsistentes con esta idea: la complejidad del material, la relación entre las tareas o el desarrollo de conocimiento explícito son algunos de los factores que pueden contribuir a que se produzcan estas diferencias (e.g., Cohen *et al.*, 1990).

Por lo que respecta a los trabajos que exploran los aspectos perceptivos y motores del aprendizaje de secuencias, se observa que existe un acuerdo general según el cual los aspectos motores parecen desempeñar un papel preponderante, mientras que el aprendizaje de relaciones perceptivas se produciría en circunstancias muy específicas. No obstante, sólo un conjunto reducido de estudios han mostrado la posibilidad de un efecto de aprendizaje cuando únicamente se establecen relaciones perceptivas (e.g., Mayr, 1996; Remillard, 2003).

En cuanto a la investigación sobre aprendizaje contextual, los diferentes estudios coinciden en caracterizarlo como un efecto robusto, que se encuentra incluso en configuraciones con movimiento y también cuando se incluyen estímulos significativos (e.g., Brockmole y Henderson, 2006; Chun y Jiang, 1999; Olson y Chun, 2002). Este último aspecto resulta especialmente interesante, ya que en situaciones reales pueden coexistir relaciones contextuales y secuenciales: desde este punto de vista, explorar en qué medida se ve afectado el proceso de señalización cuando un aprendizaje secuencial se hace explícito ayudaría a entender la naturaleza del aprendizaje contextual.

En esta tesis nos planteamos explorar principalmente la relación entre recursos y aprendizaje de secuencias desde una perspectiva metodológica diferente, integrando en una misma situación los paradigmas de señalización contextual (Chun y Jiang, 1998, 2003) y aprendizaje de secuencias (Nissen y Bullemer, 1987). Desde el punto de vista procedimental, las características que presentan ambos procedimientos los hacen adecuados para el estudio de efectos implícitos de aprendizaje. Desde un punto de vista más pragmático, esta preparación evalúa la posibilidad de adquirir de manera simultánea información acerca de dos tipos de regularidades que coexisten a menudo en nuestro entorno, y que pueden aportar información relevante, bien acerca de la misma dimensión estimular (i.e., dónde está la información relevante) o acerca de dimensiones diferentes (dónde está y qué respuesta requiere). En este sentido, la naturaleza perceptiva de la relación contextual, y la existencia de evidencia acerca de la producción de aprendizaje de secuencias tanto perceptivas como motoras, permite explorar la relación entre recursos y aprendizaje manipulando de forma independiente ambas combinaciones.

Para abordar estas cuestiones presentamos 5 experimentos. En el Experimento 1 se desarrollan las características generales del procedimiento y se adapta el paradigma de señalización contextual a una situación compatible con el aprendizaje de secuencias, con el objetivo de hacer la tarea continua. Para ello se introducen tres cambios, relacionados con el número de respuestas, la complejidad de la búsqueda y los parámetros temporales. Los resultados muestran que la modificación de la tarea de señalización no afecta al aprendizaje. Una vez se ha comprobado que los participantes aprenden la relación contextual cuando se simplifica la tarea para adecuarla a una situación de aprendizaje de secuencias, en el Experimento 2 se examina el aprendizaje de una secuencia en esta situación.

Para ello se incluye una secuencia determinista de orden 2 sobre la serie de respuestas y se compara el aprendizaje que se observa en la tarea de búsqueda con el que se produce cuando se retiran los distractores. Los resultados de este experimento muestran que la presencia de los distractores no afecta al aprendizaje pero sí a la ejecución y a la conciencia, limitando el grado de conocimiento explícito. Los dos primeros experimentos muestran que en esta situación es posible aprender una relación contextual y también una contingencia secuencial. En los experimentos siguientes se explora la posibilidad de explotar ambos aprendizajes simultáneamente. Considerando los resultados de estudios previos que indican que el aprendizaje de secuencias perceptivas es difícil de obtener y se produce en circunstancias muy específicas (e.g., Remillard, 2003), en el Experimento 3 se establece una situación de doble señal en la que se incluyen secuencias perceptivas sencillas (orden 1), tanto probabilísticas (Experimento 3a) como deterministas (Experimento 3b). Además, para favorecer que el aprendizaje sea más explícito y examinar su efecto sobre la relación contextual, se manipula la intención de aprender acerca de la secuencia. Los resultados muestran que los participantes utilizan ambas contingencias y que el aprendizaje de secuencias perceptivas produce un efecto débil e inestable. Por lo que respecta al efecto del conocimiento explícito, parece que ambas relaciones no se afectan mutuamente. Este experimento muestra una vez más la dificultad para aprender una secuencia perceptiva sencilla aún cuando ésta informa acerca de la misma dimensión que la relación contextual. Para examinar el efecto de una relación sobre la otra cuando el aprendizaje de secuencias es motor, en el Experimento 4 se establece una situación de doble aprendizaje en la que se incluye una secuencia condicional de segundo orden. Los resultados muestran que los participantes aprenden ambas

contingencias, y que el aprendizaje de la secuencia no es menor que cuando la relación contextual no está presente. También se observa que el efecto parece ser más estable cuando la secuencia se establece sobre la serie de respuestas. Considerando los resultados de los Experimentos 2 y 4, que indican que el efecto es implícito cuando la relación motora es de nivel 2, en el Experimento 5 se examina el efecto del conocimiento explícito sobre el aprendizaje contextual en una situación de doble aprendizaje utilizando secuencias menos complejas (híbridas), tanto probabilísticas (Experimento 5a) como deterministas (Experimento 5b). Los resultados muestran nuevamente que los participantes utilizan ambas relaciones, y que el aprendizaje de la secuencia es más explícito cuando la secuencia es determinista: en este caso el aprendizaje contextual deja de expresarse a medida que el conocimiento de la secuencia se hace más explícito, y se recupera cuando la información secuencial deja de ser completamente válida.

Experimento 1. Adaptación del paradigma de señalización contextual

En este experimento se modifica la tarea que desarrollan Chun y Jiang (1998, 2003) para adaptarla a una situación de aprendizaje de secuencias. Para adaptar la tarea de señalización se introducen principalmente tres cambios, relacionados con las respuestas, la complejidad de la búsqueda y los parámetros temporales. En la tarea original de señalización se incluyen únicamente dos respuestas, lo que produce constantemente repeticiones y alternancias, mientras que en los experimentos sobre aprendizaje de secuencias habitualmente se utilizan entre 3 y 6 respuestas (e.g., Berry y Dienes, 1993; Cleeremans *et al.*, 1998; Reber, 1993). Para evitar artefactos en los TRs como consecuencia de la presencia constante de repeticiones

y alternancias (Vaquero, Jiménez y Lupiáñez, 2006), se modifica la tarea de búsqueda y se introducen cuatro respuestas. En segundo lugar, para reducir la complejidad de la búsqueda se presentan en cada ensayo 7 distractores con la misma identidad, en lugar de 11 items diferentes. Aunque algunos estudios muestran aprendizaje de secuencias cuando la búsqueda y detección del objetivo es relativamente compleja (e.g., Lewicki *et al.*, 1987; Stadler, 1989; Ziessler, 1998), los trabajos sobre aprendizaje de secuencias habitualmente utilizan procedimientos más sencillos que únicamente requieren la detección del objetivo y la respuesta a su posición (e.g., Nissen y Bullemer, 1987). Chun y Jiang (1998, 2003) plantean que la reducción de la complejidad podría afectar al procesamiento de los distractores, eliminando el efecto: no obstante, si la simplificación del entorno no limita el procesamiento de los distractores, se esperaría que los participantes continúen utilizando la información contextual para localizar con mayor rapidez el objetivo.

En tercer lugar, se modifican las propiedades de la tarea que tienen que ver con aspectos de carácter temporal. En la investigación sobre aprendizaje implícito de secuencias suelen establecerse intervalos entre ensayos no superiores a 500ms, para favorecer que el efecto de facilitación producido por la secuencia se exprese, y también para reducir el grado de conocimiento explícito (e.g., Miyawaki, 2006). Además, la presentación de los estímulos en una tarea de TRS debe hacerse de manera continua, sin pausas que puedan reducir el impacto de los ensayos previos sobre los siguientes. En el procedimiento que desarrollan Chun y Jiang (1998), en cambio, se utiliza un intervalo respuesta-estímulo de 1000ms, lo que dificultaría el aprendizaje de secuencias. Para facilitar la integración de ambos procedimientos en experimentos sucesivos, se reduce el intervalo respuesta-estímulo a 200ms.

Además, en la tarea de señalización cada ensayo suele ir precedido de un punto de fijación durante 500ms, que fuerza a los participantes a iniciar el proceso de búsqueda en el mismo lugar en todos los ensayos. En este experimento se comprueba si el efecto de señalización se mantiene cuando los sucesivos ensayos se presentan de manera continua, eliminando el punto de fijación, y forzando de este modo a los participantes a realizar cada tarea de búsqueda partiendo de lugares diversos, probablemente en función de la posición del objetivo en el ensayo previo. Para examinar el efecto de esta última manipulación se compara la ejecución de dos grupos: en uno de ellos se incluye el intervalo respuesta-estímulo que se utiliza en el procedimiento original y se presenta un punto de fijación al inicio de cada ensayo (condición señalización contextual Discreta), mientras que en el otro se reduce el intervalo respuesta-estímulo y no se muestra un punto de fijación al inicio de cada ensayo (grupo señalización contextual Continua).

Método

Participantes. Toman parte 48 estudiantes de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) a cambio de un incentivo económico de 5€. No se les informa del objetivo y además no han participado con anterioridad en tareas de señalización contextual o aprendizaje de secuencias. Todos presentan una agudeza visual normal o corregida. La mitad se asigna al azar a cada condición. La diferencia entre grupos tiene que ver con los parámetros temporales que se establecen durante la tarea de búsqueda: en la condición Discreta se utiliza un intervalo respuesta-estímulo de 1000ms y se presenta un punto de fijación al inicio de cada ensayo durante 500ms, mientras que en la condición Continua el intervalo se reduce a 200ms y no se presenta punto de fijación.

Aparatos y materiales. El experimento se realiza en cabinas individuales, con luz normal y constante, utilizando 8 PCs Pentium III conectados a monitores de color de 15 pulgadas. Las respuestas se emiten sobre teclados estándar (QWERTY). Para diseñar el programa experimental se utilizan conjuntamente las herramientas INQUISIT 1.31 y Turbo Basic. Los estímulos consisten en un conjunto de dígitos coloreados (amarillo, azul, rojo, verde) presentados en fuente Garamond, 1.1cm x 0.7cm (alto x ancho), sobre fondo gris. Los estímulos objetivo y distractores son números pares (2, 4, 6, 8) e impares (1, 3, 5, 7), respectivamente.

Para realizar la tarea los participantes permanecen sentados frente al ordenador a una distancia aproximada de 50cm. En cada ensayo se presentan 8 números distribuidos pseudo-aleatoriamente sobre 8 de las 16 posibles localizaciones definidas por una matriz invisible 4 x 4, de 8.6cm x 8.4cm (alto x ancho). Una línea vertical y otra horizontal de color negro dividen la matriz en cuatro cuadrantes. Entre posiciones adyacentes hay una separación horizontal y vertical de 1.9cm y 1.4cm, respectivamente.

Antes de iniciar la sesión el programa genera un conjunto de ensayos que cumplan las siguientes restricciones. En cada ensayo se presenta un estímulo objetivo (i.e., un número par) junto con siete distractores (ejemplares repetidos de un mismo número impar seleccionado para cada ensayo). En cada ensayo los ocho estímulos ocupan dos de las cuatro posiciones de cada cuadrante, y se presentan en diferentes colores, de modo que dos de ellos son amarillos, dos rojos, dos verdes y dos azules. La identidad del objetivo (i.e., el número par) y, por tanto, la respuesta requerida en ese ensayo, es aleatoria con las restricciones de que cada una de las cuatro identidades se presenta con la misma frecuencia, y no se permiten repeticiones en dos ensayos consecutivos. En cuanto a las posiciones del

objetivo, dos posiciones de cada cuadrante (i.e., ocho posiciones en total) se seleccionan como posiciones asociadas a contextos Fijos, mientras que las restantes se asignan a contextos Variables. En los ensayos de contexto Fijo la aparición del objetivo en una posición determinada se asocia con el color (pero no la identidad) del objetivo, así como con la configuración global (identidad, posiciones y colores) del conjunto de distractores. En los ensayos de contexto Variable todos estos valores cambian aleatoriamente de ensayo a ensayo. Los 16 posibles ensayos (8 de contextos Fijos y otros tantos de contextos Variables) se suceden de manera aleatoria sin que se repita ninguna posición del objetivo hasta haber muestreado las 16 posiciones posibles.

Procedimiento

Entrenamiento. El entrenamiento consta de 24 bloques, cada uno compuesto por 3 series de 16 ensayos, dando lugar a un total de 1152 ensayos. En cada ensayo los participantes deben buscar un número par entre un conjunto de números impares e indicar su identidad pulsando las teclas ‘V’, ‘B’, ‘N’ o ‘M’ con los dedos índice y corazón de cada mano, en función de que la identidad del objetivo sea 2, 4, 6 u 8 respectivamente, (Figura 2). El siguiente ensayo sigue a cualquier respuesta válida. Las instrucciones iniciales enfatizan la necesidad de responder con la mayor rapidez y precisión posibles, y se indica a los participantes que para que sus datos sean válidos el porcentaje de aciertos a lo largo de la sesión ha de ser igual o superior al 90%. La sesión comienza por un bloque de práctica formado por 8 ensayos aleatorios. Después de cada bloque se establecen breves períodos de descanso autoadministrados en los que se informa del TR medio y del porcentaje de aciertos, que los participantes anotan en la correspondiente hoja de registro.

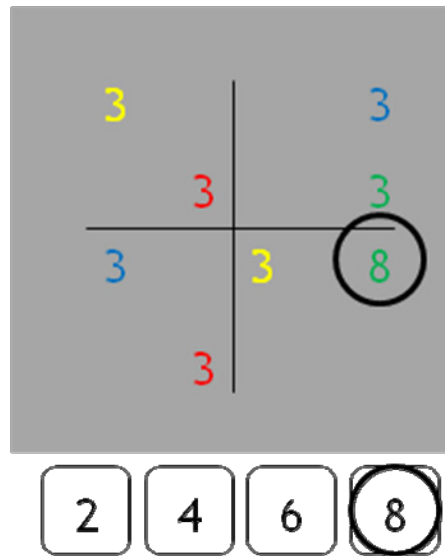


Figura 2. Ejemplo de un ensayo correspondiente al Experimento 1. Los círculos superior e inferior (no se muestran durante la tarea) señalan el objetivo y la respuesta correcta, respectivamente.

Antes de comenzar la tarea el programa selecciona y asigna dos posiciones de cada cuadrante como localizaciones del objetivo asociadas a contextos Fijos, y las otras dos como localizaciones del objetivo asociadas a contextos Variables. Para cada uno de los 8 ensayos Fijos, se programa un contexto invariable definido por el color del objetivo y todas las características de los distractores (i.e., disposición, identidad y color), de manera que únicamente el contexto que se presenta en los ensayos Fijos informa acerca de la localización del objetivo. Es importante señalar que la identidad del objetivo es aleatoria en todos los ensayos, de modo que las respuestas no son previsibles. Los ensayos Fijos y Variables se presentan entremezclados aleatoriamente a lo largo del experimento, en un orden diferente para cada participante.

La diferencia entre condiciones tiene que ver fundamentalmente con las propiedades temporales, aunque hay un cambio menor relacionado con la retroalimentación acerca de la corrección de la respuesta. En el grupo de

señalización Discreta se presenta una letra 'x' al inicio de cada ensayo, con una duración de 500ms, y se utiliza un intervalo respuesta-estímulo de 1000ms. Además, se proporciona retroalimentación en cada ensayo, mediante un tono agudo o grave de 250ms que señala cada acierto o error, respectivamente. En el grupo de señalización Continua, en cambio, no se presenta punto de fijación, el intervalo respuesta-estímulo se reduce a 200ms, y sólo se proporciona retroalimentación en los errores (se presenta un tono agudo de 100ms).

La medida del aprendizaje se infiere de manera indirecta, comparando la ejecución en ensayos Fijos y Variables a lo largo de la práctica. Si los participantes aprenden la relación establecida en los ensayos Fijos para localizar el objetivo más rápidamente, se esperaría observar un efecto diferencial del entrenamiento sobre ambos tipos de ensayo, produciendo TRs más rápidos en los ensayos Fijos.

Medida directa de señalización contextual. Al final del entrenamiento, se incluye un bloque de 32 ensayos, compuesto por dos repeticiones de cada uno de los 16 ensayos posibles (Fijos y Variables). En cada ensayo la identidad del objetivo se sustituye por la de otro distractor, y la tarea de los participantes consiste en indicar en qué cuadrante creen que se habría presentado el objetivo en ese ensayo en función del contexto actual. Las respuestas, dispuestas de forma compatible, se emiten utilizando las teclas numéricas situadas a la derecha del teclado, de modo que los participantes deben pulsar las teclas correspondientes a los números 4, 5, 1 o 2 en función de que estimen que el objetivo se habría presentado en el cuadrante superior izquierdo, superior derecho, inferior izquierdo o inferior derecho, respectivamente (Figura 3). Para valorar en qué medida el conocimiento es más o menos consciente, se compara la proporción de ensayos en los que se genera correctamente la posición (cuadrante) del objetivo en ensayos Fijos y Variables:

puesto que a lo largo del entrenamiento el objetivo se presenta con la misma frecuencia en cada localización, el nivel esperable por azar es .25. En la medida en que el conocimiento fuese más explícito, se esperaría que el porcentaje de ensayos Fijos generados correctamente fuese superior al nivel esperable por azar. En cambio, si el conocimiento es implícito, se esperaría que el porcentaje de ensayos generados correctamente no fuese superior al nivel esperable por azar, y que en cualquier caso no fuera mayor en los ensayos Fijos que en los ensayos Variables. Durante la tarea no se proporciona retroalimentación y se enfatiza la importancia de responder con la mayor precisión posible.

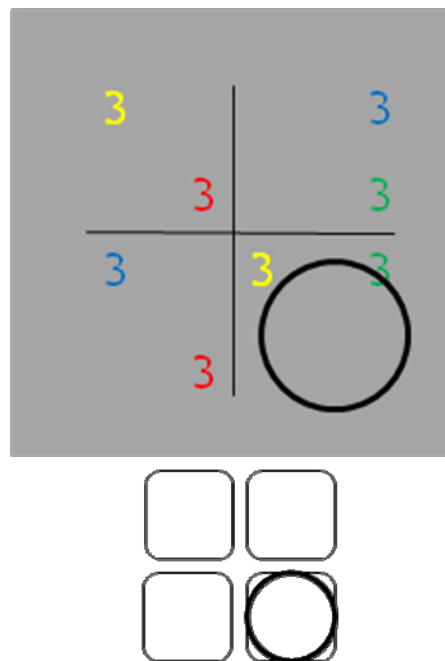


Figura 3. Ejemplo de un ensayo correspondiente a la medida directa de señalización contextual utilizada en el Experimento 1. Como se observa, el objetivo se ha sustituido por otro distractor. Los círculos superior e inferior (no se muestran durante la tarea) señalan el cuadrante que habría ocupado el objetivo en ese ensayo y la respuesta correcta, respectivamente.

Resultados

Para todos los experimentos se establece $\alpha = .05$. Los TRs correspondientes a los errores se excluyen de los análisis, y únicamente se informa de los datos relativos a la precisión cuando añadan información a la proporcionada por los TRs (si se produce un efecto de compensación entre velocidad y precisión). En todos los experimentos se descarta asimismo el primer ensayo de cada bloque, debido a que los participantes suelen producir respuestas desproporcionadamente lentas mientras se preparan para iniciar la tarea.

Entrenamiento. El porcentaje de errores en las condiciones Discreta y Continua es 3.9 y 3.6, respectivamente, y no difiere entre grupos ($t(46) = .43, p > .66$).

Los análisis del efecto de la práctica se realizan colapsando los bloques en grupos de dos. Un ANOVA de medidas repetidas sobre los TRs considerando Condición (Discreta vs. Continua) como factor intersujetos, y Práctica (bloques 1-12) y Contexto (Fijo vs. Variable) como variables intrasujeto muestra efectos significativos de Condición, $F(1, 46) = 9.84, MSE = 252307,2, p < .01$, lo que indica que en general la ejecución es más rápida cuando los participantes tienen la oportunidad de prepararse al inicio de cada ensayo (765 vs. 858ms). El efecto de Práctica, $F(11, 506) = 137.84, MSE = 2884,0, p < .01$, muestra TRs más rápidos a medida que el entrenamiento progresa, y el de Contexto, $F(1, 46) = 116.96, MSE = 3322,1, p < .01$, indica que se produce un efecto de señalización contextual (36ms; 793 vs. 829ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente). También son significativas las interacciones Condición x Práctica, $F(11, 506) = 2.62, MSE =$

2884,0, $p < .01$, y Práctica x Contexto, $F(11, 506) = 3.00$, $MSE = 1133,3$, $p < .01$. Para comprobar si la evolución de la ejecución a lo largo del entrenamiento difiere entre grupos, se analiza la interacción Práctica x Contexto en cada condición: sólo cuando la tarea se hace continua se produce una mejora, $F(11, 253) = 2.27$, $MSE = 1309,86$, $p < .01$ (condición Discreta, $F = 1.76$, $p > .06$). Es importante señalar que estos resultados indican que la modificación de la tarea de búsqueda no elimina el efecto de señalización contextual. Además, la ausencia de una interacción que implique los factores Condición y Contexto indica que el aprendizaje no difiere entre condiciones. En la Figura 4 se representan los TRs correspondientes a ambos grupos.

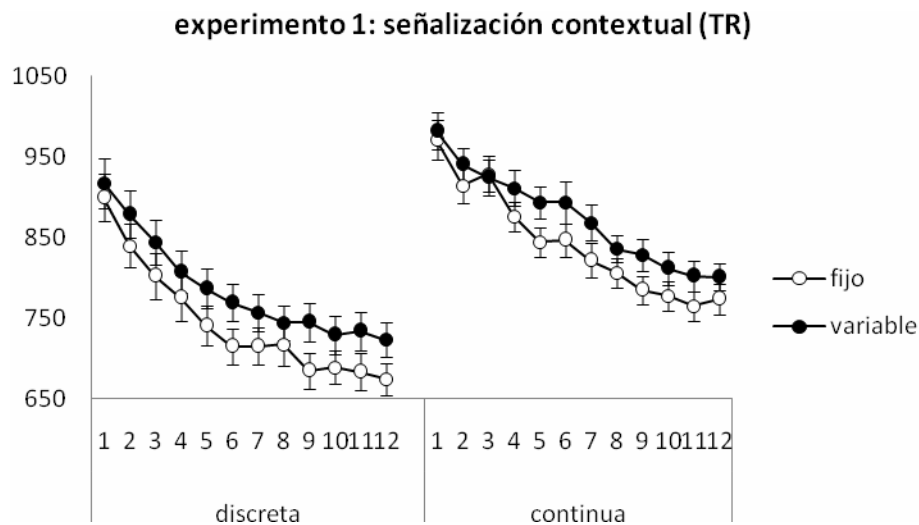


Figura 4. Tiempo de reacción medio en ensayos Fijos y Variables en las condiciones de señalización Discreta y Continua a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 1. Las barras verticales representan el error estándar.

Medida directa de señalización contextual. Un ANOVA sobre el porcentaje de aciertos considerando Condición (Discreta vs. Continua) como factor intersujetos y Contexto (Fijo vs. Variable) como variable intrasujeto, no muestra efectos de

Condición ($F = .66$, $p > .41$), Contexto ($F = .09$, $p > .76$), o de la interacción Condición x Contexto ($F = .00$, $p = 1$). Este patrón indica que no existen diferencias en el porcentaje de aciertos entre ensayos Fijos y Variables (.24 vs. .25, respectivamente), y que en ambos grupos el porcentaje de aciertos no es mejor que el esperable por azar (.25), lo que sugiere que en ambos casos el aprendizaje es implícito. En la Figura 5 se representa este resultado.

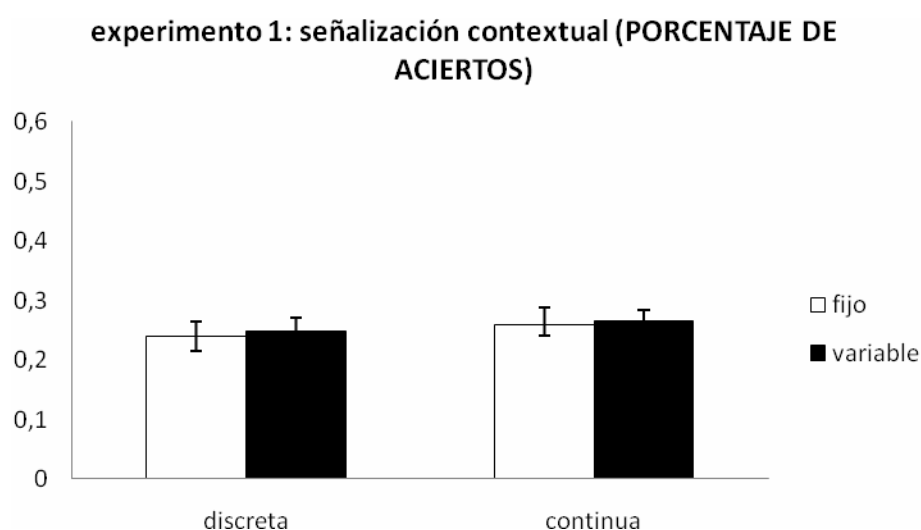


Figura 5. Porcentaje de aciertos en ensayos Fijos y Variables en las condiciones de señalización Discreta y Continua en la medida directa de señalización contextual en el Experimento 1. Las barras verticales representan el error estándar.

Discusión

En este experimento se trata de adaptar el procedimiento de señalización contextual a una situación que permita la inclusión de una secuencia, para explorar a continuación el efecto de un aprendizaje sobre el otro, así como el efecto del conocimiento explícito sobre el aprendizaje contextual. Para ello se introducen cambios que tienen que ver fundamentalmente con las respuestas, la complejidad

del entorno de búsqueda, y con los parámetros temporales que se establecen en la tarea. El patrón de resultados que se observa es consistente con el que presentan estudios previos en los que se explora el efecto de señalización contextual (e.g., Chun y Jiang, 1998, 2003). Dado que en el procedimiento que se presenta se introducen algunos cambios respecto de la situación original, es importante señalar que los resultados indican que estas modificaciones no afectan al aprendizaje de las relaciones contexto-objetivo. También es relevante indicar que el efecto no disminuye cuando la tarea se hace continua, al eliminar el punto de fijación y la parada entre ensayos. Esto sugiere que el aprendizaje contextual constituye un efecto robusto, que es menos específico de lo que indican los estudios previos sobre señalización: los participantes aprenden la relación aún cuando al inicio de cada ensayo no dispongan de tiempo para focalizar su atención siempre en un mismo punto antes de prepararse para la búsqueda. Por otra parte, el hecho de que la magnitud del efecto en este caso sea menor que la que se observa en el estudio original (Chun y Jiang, 1998) probablemente se debe a que la simplificación del procedimiento produce respuestas más rápidas: en este sentido, autores como Jiang, Leung y Burks (2004) muestran que existe una relación inversa entre el TR y el tamaño del efecto, dando lugar las respuestas más rápidas a un efecto menor.

Antes de explorar los posibles efectos de este aprendizaje sobre el aprendizaje de secuencias, o el efecto del conocimiento explícito de la secuencia sobre el aprendizaje contextual, es necesario comprobar si estas configuraciones estímulares permiten el desarrollo de un aprendizaje de secuencias. Para ello, a partir de las propiedades descritas en la condición de señalización Continua, en el segundo experimento se establece una secuencia en la serie de identidades del objetivo.

Experimento 2. Aprendizaje de secuencias en una tarea de búsqueda

Normalmente en los trabajos sobre aprendizaje de secuencias en los que se utiliza la tarea de TRS se establecen entornos perceptivamente poco complejos. Autores como Rowland y Shanks (2006a) plantean que el incremento de la carga perceptiva requeriría recursos adicionales para realizar la tarea, limitando el aprendizaje de la secuencia. En su estudio, los autores se preguntan si es posible aprender una secuencia que relaciona la serie de respuestas en una situación relativamente compleja en la que el objetivo se presenta junto a elementos distractores. Para poner a prueba esta idea, piden a los participantes que respondan a la posición de un estímulo que se presenta en cada ensayo junto a uno o dos distractores. Aunque los resultados que obtienen Rowland y Shanks (2006a) muestran que el aprendizaje de la secuencia no disminuye cuando se incrementa la carga, los autores concluyen que su tarea podría no ser lo suficientemente demandante, y plantean que tareas perceptivamente más complejas podrían producir resultados diferentes. Posteriormente, Rowland y Shanks (2006b) examinan el aprendizaje de una secuencia de posiciones en una tarea en la que se presentan hasta tres distractores junto al objetivo, e incluyen además una segunda secuencia. En su estudio los estímulos pueden presentarse en ocho posiciones posibles, dispuestas en dos filas de cuatro elementos cada una. La tarea de los participantes consiste en responder en cada ensayo a la posición de un círculo rojo que se presenta en la fila inferior. En el grupo con menor carga perceptiva se presenta en cada ensayo un estímulo idéntico al objetivo en la fila superior, que sigue una secuencia de localizaciones diferente. En la condición de carga alta los experimentadores presentan, además del objetivo y un segundo círculo rojo, un cuadrado rojo y un círculo verde en la

misma fila en la que se presenta el objetivo. Los resultados que obtienen muestran que aunque en ambas situaciones los participantes aprenden las secuencias primaria y secundaria, cuando la carga es alta el aprendizaje de la relación secundaria se ve atenuado. A partir de estos datos los autores concluyen que efectivamente, el incremento de la carga perceptiva obliga a que parte de los recursos necesarios para aprender la secuencia adicional se dediquen a cumplir con las demandas de la tarea principal.

Desde este punto de vista, en este experimento se explora el aprendizaje de una secuencia de respuestas relativamente compleja (orden 2) cuando se incrementa la carga perceptiva y la incertidumbre espacial (Jiménez y Vázquez, 2007). Para examinar el efecto de la complejidad de la tarea sobre el aprendizaje de la secuencia, se compara la ejecución de tres grupos que difieren en carga perceptiva e incertidumbre espacial: las características perceptivas del grupo Búsqueda son análogas a las descritas en la condición Continua (Experimento 1), con la diferencia de que en este caso no se establece ninguna relación contextual, sino una secuencia de objetivos. En un segundo grupo se eliminan los distractores pero se mantiene la incertidumbre espacial, presentando el objetivo en las diferentes posiciones de la matriz 4 x 4 descrita en el Experimento 1 (grupo Localizaciones). En la situación más sencilla se eliminan tanto los distractores como las posiciones variables, presentando el objetivo en el centro de la pantalla (grupo Centro). Si la carga perceptiva y la incertidumbre espacial no distraen recursos necesarios para el aprendizaje de la secuencia, se esperaría que no se produjesen diferencias en el aprendizaje de la secuencia cuando el estímulo se presenta en diferentes localizaciones o cuando se incluyen distractores. En cambio, si el hecho de tener que localizar y discriminar el objetivo en cada ensayo requiere de la intervención

de los mismos recursos necesarios para aprender la relación, se esperaría que el efecto disminuyese cuando la situación se hace perceptivamente más demandante.

Método

Participantes. Se asignan aleatoriamente 30 participantes a cada condición: en el grupo Centro se presenta un único estímulo en el centro de la pantalla; en el grupo Localizaciones, el objetivo se presenta en las diferentes posiciones de la matriz; en el grupo Búsqueda las características perceptivas son análogas a las descritas en la condición Continua (Experimento 1).

Procedimiento

Entrenamiento. Teniendo en cuenta que en las tareas de TRS que incluyen relaciones motoras con frecuencia se utilizan secuencias relativamente largas y complejas que se presentan al menos en 6 ocasiones en cada bloque, en los experimentos en los que se utilizan contingencias motoras (Experimentos 2, 4 y 5) el entrenamiento estará formado por bloques más largos (12 bloques de 96 ensayos en lugar de 24 bloques de 48 ensayos).

De nuevo la tarea consiste en responder a la identidad del número par que se presenta en cada ensayo, con la diferencia de que en este experimento el objetivo sigue una secuencia que se establece sobre la serie de respuestas (identidad). Cada bloque incluye 8 repeticiones de una secuencia determinista compuesta por 12 elementos, con una estructura condicional de segundo orden (SOC), en la que todas

las transiciones de primer orden son igualmente probables, y en la que la identidad del objetivo en cada ensayo sólo puede determinarse considerando los dos ensayos previos. Concretamente, la secuencia entrenada es: 2-4-2-8-6-4-8-2-6-8-4-6. Durante la prueba (bloque 11) se presentan 4 repeticiones de la secuencia de entrenamiento y 4 de una secuencia de control (6-4-6-8-2-4-8-6-2-8-4-2): ambas relaciones son estructuralmente análogas y su orden de presentación es aleatorio, con la restricción de que a lo largo de los 12 primeros ensayos se presenta la secuencia entrenada a todos los participantes. Ambas secuencias se conectan respetando su estructura de segundo orden. En el bloque 12 vuelve a presentarse únicamente la secuencia de entrenamiento.

Medida directa de aprendizaje de secuencias. Al final del entrenamiento se incluye una tarea de generación con indicios como medida de conciencia. Durante la tarea se presenta en dos ocasiones cada uno de los 12 posibles fragmentos de longitud 2. Cada bloque consta de 3 ensayos: los dos primeros son análogos a los que se presentan durante el entrenamiento; en cambio, en el tercer ensayo de cada bloque (ensayo de predicción), el objetivo se reemplaza por un signo de interrogación (en los grupos Centro y Localizaciones) o por un distractor (en la condición Búsqueda), y se pide a los participantes que indiquen la identidad del objetivo considerando la información proporcionada en los ensayos previos. Para valorar en qué medida el conocimiento es más o menos consciente, se compara la proporción de ensayos de predicción en que los participantes generan un suceso de acuerdo con la secuencia entrenada o con la de control. En la medida en que el

conocimiento sea implícito, se espera que no haya diferencias en la proporción de ensayos que los participantes generan de acuerdo con cada una de las secuencias. En cambio, si el conocimiento es explícito, se esperaría que los participantes generasen una mayor proporción de ensayos de acuerdo con la secuencia entrenada. En esta tarea se enfatiza de nuevo la importancia de la precisión, y no se proporciona retroalimentación.

Resultados

Entrenamiento. El porcentaje de errores en las condiciones Centro, Localizaciones y Búsqueda es 4.1, 5 y 4.2, respectivamente. Las comparaciones entre los grupos muestran que no se producen diferencias significativas en el nivel general de precisión.

En las secuencias condicionales de segundo orden la información mínima necesaria para anticipar correctamente la siguiente respuesta es de nivel dos, por lo que los dos primeros ensayos de cada bloque se excluyen de los análisis.

Para explorar el efecto del entrenamiento se realiza un ANOVA sobre los TRs con Condición (Centro, Localizaciones, Búsqueda) como factor intersujetos, y Práctica (bloques 1-10) como variable intrasujeto. Los resultados muestran efectos de Condición, $F(2, 87) = 52.46$, $MSE = 144616,0$, $p < .01$, Práctica, $F(9, 783) = 42.85$, $MSE = 2750,2$, $p < .01$, y de la interacción Condición x Práctica, $F(18, 783) = 4.25$, $MSE = 2750,2$, $p < .01$, lo que sugiere que la ejecución global difiere entre grupos (603, 675 y 907ms en las condiciones Centro, Localizaciones y Búsqueda,

respectivamente), y que además el entrenamiento produce un efecto diferencial sobre la ejecución. La Figura 6 muestra la ejecución en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales en las tres condiciones. Al comparar la ejecución en los grupos Centro y Localizaciones se observa una diferencia en el nivel general de ejecución, $F(1, 58) = 5.41$, $MSE = 144083,1$, $p < .02$, que no crece con el entrenamiento ($F = .33$, $p > .96$). Por el contrario, el grupo Búsqueda difiere de las condiciones Centro y Localizaciones tanto en el nivel general de ejecución, $F(1, 58) = 112.77$, $MSE = 123192,0$, $p < .01$, y $F(1, 58) = 48.56$, $MSE = 166572,9$, $p < .01$, respectivamente, como con respecto a la mejora con el entrenamiento, $F(9, 522) = 6.06$, $MSE = 2569,3$, $p < .01$, y $F(9, 522) = 6.70$, $MSE = 2766,3$, $p < .01$, respectivamente. Este patrón muestra cómo el entrenamiento produce inicialmente TRs más lentos en el grupo Búsqueda, y posteriormente una mejora más acentuada que en los grupos con menor carga. Al comparar la ejecución en el bloque previo a la prueba (bloque 10) se observa que existen diferencias significativas en la ejecución general (826, 637 y 557ms, en las condiciones Búsqueda, Localizaciones y Centro, respectivamente), $F(2, 87) = 37.66$, $MSE = 15112,35$, $p < .01$. Además, al comparar las condiciones Centro y Localizaciones entre sí ($t(58) = 2.54$, $p < .01$) y cada una de ellas con el grupo Búsqueda ($t(58) = 8.21$, $p < .00$ y $t(58) = 6.01$, $p < .01$, con respecto a las condiciones Centro y Localizaciones, respectivamente), los resultados muestran que la diferencia es significativa en todos los casos: este patrón sugiere que se produce un coste de filtrado cuando se incrementa la carga perceptiva y la incertidumbre espacial.

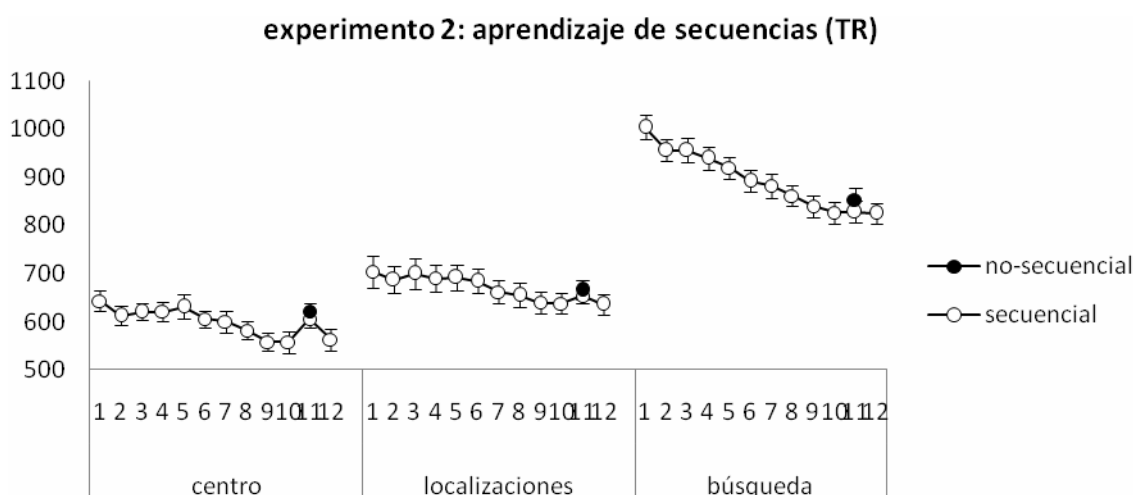


Figura 6. Tiempo de reacción medio en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales en las condiciones Centro, Localizaciones y Búsqueda a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 2. El bloque 11 corresponde a la fase de prueba. Las barras verticales representan el error estándar.

Con respecto al efecto de aprendizaje, un ANOVA para comparar los TRs en los ensayos No-Secuenciales presentados durante la prueba (bloque 11) con los TRs correspondientes a los ensayos Secuenciales presentados en los bloques adyacentes (bloques 10 y 12), con Condición (Centro, Localizaciones, Búsqueda) como factor intersujetos y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) como variable intrasujeto, muestra efectos de Condición, $F(2, 87) = 41.63$, $MSE = 24108,69$, $p < .01$, y Secuencia, $F(1, 87) = 27.00$, $MSE = 2564,64$, $p < .01$. La interacción no es significativa ($F = 2.09$, $p > .12$). Estos resultados indican que durante la prueba se mantiene la diferencia en la ejecución entre los grupos (591, 651 y 839ms en las condiciones Centro, Localizaciones y Búsqueda, respectivamente), y que además se observa un efecto de aprendizaje de la secuencia (39ms; 674 vs. 713ms en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales, respectivamente). La ausencia de una interacción significativa indica que el efecto no difiere entre los grupos (61, 29 y 27ms en los grupos Centro, Localizaciones y Búsqueda, respectivamente), aunque en términos

absolutos sí parece existir una diferencia entre el grupo Centro y los otros dos¹. En cualquier caso, la ausencia de diferencias entre el grupo Localizaciones y el grupo Búsqueda indica que, a pesar de observarse un coste de filtrado que enlentece los TRs a medida que se incrementa la carga, éste no produce diferencias en el aprendizaje.

Medida directa de aprendizaje de secuencias. Un ANOVA sobre el porcentaje de aciertos con Condición (Centro, Localizaciones, Búsqueda) como factor intersujetos, y Secuencia (Entrenada vs. Control) como variable intrasujeto muestra efectos significativos de Condición, $F(2, 87) = 7.83$, $MSE = .010311$, $p < .01$, y Secuencia, $F(1, 87) = 7.86$, $MSE = .020716$, $p < .01$. La interacción no es significativa ($F = 1.21$, $p > .30$). Este patrón indica que en general los tres grupos producen con más frecuencia los sucesores correspondientes a la secuencia entrenada (.42 vs. .36 para las secuencias Entrenada y Control, respectivamente), sin que se produzcan diferencias entre condiciones. Sin embargo, al inspeccionar la Figura 7 se observa que parece existir una mayor diferencia en la generación de ambas secuencias en el grupo Centro. El análisis de cada condición confirma esta observación: el grupo Centro genera más frecuentemente la secuencia Entrenada (.48 vs. .37), $t(29) = 2.37$, $p < .02$, mientras que en las condiciones Localizaciones ($t(29) = .91$, $p > .36$) y Búsqueda ($t(29) = 1.36$, $p > .18$) la diferencia no es significativa, lo que sugiere

¹ Los mismos análisis realizados con puntuaciones Z para evitar el efecto de las diferencias en las líneas base de los TR muestran que sí se produce una diferencia significativa, encontrándose un mayor aprendizaje en la condición más sencilla (grupo Centro). Como sugieren los resultados de la medida directa, esta diferencia parece deberse a que en este grupo el conocimiento es más explícito (Jiménez y Vázquez, 2007).

que el conocimiento es más explícito en la situación con menor carga perceptiva e incertidumbre espacial.

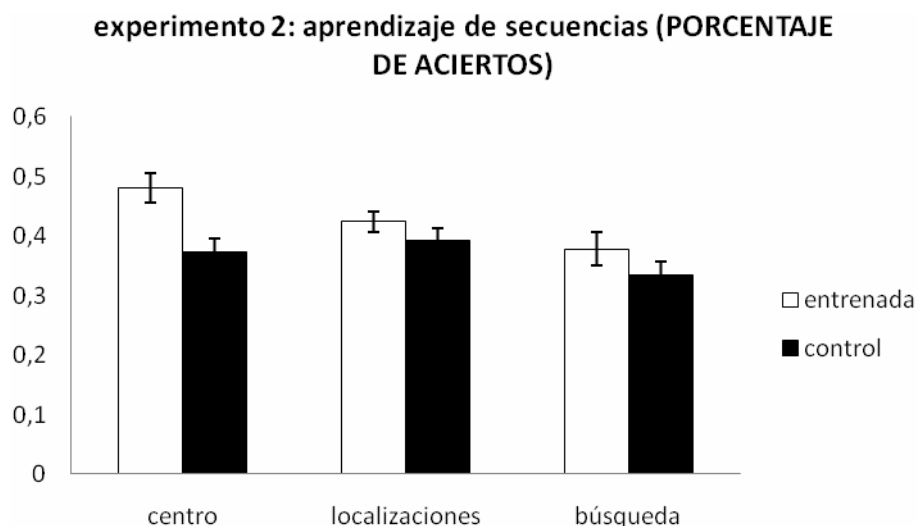


Figura 7. Porcentaje de aciertos en ensayos correspondientes a las secuencias Entrenada y Control en las condiciones Centro, Localizaciones y Búsqueda en la tarea de generación en el Experimento 2. Las barras verticales representan el error estándar.

Discusión

En este experimento se examina el aprendizaje de una secuencia de respuestas relativamente compleja en un entorno de búsqueda. Los resultados indican que no se producen diferencias en el aprendizaje implícito debidas a la carga perceptiva o la incertidumbre espacial, aún cuando en las situaciones más complejas se observa un coste de filtrado que enlentece la ejecución. Este patrón está en línea con los resultados de Rowland y Shanks (2006a) que sugieren que el incremento de la carga no afectaría al aprendizaje. Además, el hecho de que el efecto no se resienta en una situación perceptivamente más compleja es inconsistente con la idea de que el

carácter escasamente demandante de la tarea podría explicar la ausencia de diferencias en el aprendizaje (Rowland y Shanks, 2006b).

Los resultados muestran además que la carga y la incertidumbre espacial estarían limitando el desarrollo de conocimiento consciente: el hecho de tener que localizar el objetivo en cada ensayo, o de tener que segregarlo del conjunto de distractores, parece impedir que los participantes se hagan conscientes de la relación; en cambio, cuando se eliminan tanto las posiciones variables como los ítems irrelevantes la complejidad de la tarea se reduce lo suficiente como para que los participantes puedan aprender la secuencia de una manera explícita.

Una vez se ha comprobado que el hecho de hacer continua la tarea de búsqueda no elimina el efecto de señalización (Experimento 1) y que los distractores y la incertidumbre espacial no impiden aprender una secuencia motora relativamente compleja (Experimento 2), en los siguientes experimentos se abordará la inclusión de ambas relaciones en la misma situación, para examinar si el aprendizaje de una relación afecta al aprendizaje de la otra, y si el conocimiento explícito de la secuencia tiene un efecto sobre el aprendizaje contextual. En el Experimento 3 se explorará una situación de doble señal, que combina el paradigma de señalización contextual con una secuencia perceptiva de posiciones. En los experimentos 4 y 5 se abordarán situaciones de doble aprendizaje en las que el paradigma de señalización se combina con la adquisición de diferentes tipos de secuencias motoras.

Experimento 3. Señalización contextual y secuencias perceptivas

En este experimento se presentan conjuntamente situaciones donde tanto las posiciones del estímulo objetivo en los ensayos previos como los componentes contextuales del ensayo actual covarían con la localización del objetivo, y se explora si el aprendizaje implícito de dos relaciones que predicen el mismo resultado se afectan mutuamente, así como el efecto del conocimiento explícito de la secuencia sobre el aprendizaje contextual.

Estudios previos muestran que el aprendizaje de secuencias que se establecen en dimensiones diferentes de la dimensión de respuesta tiene lugar en circunstancias muy específicas y que además tiende a producir un efecto más débil e inestable que el que se observa cuando la relación es motora (e.g., Deroost y Soetens, 2006a). En otros trabajos se plantea además que otro factor que dificulta que este aprendizaje se exprese tiene que ver con el hecho de que normalmente en una tarea de TRS las respuestas son muy rápidas, por lo que el beneficio que produciría la relación perceptiva podría no ser suficiente como para dar lugar a una diferencia significativa (e.g., Remillard, 2003). Sin embargo, en tareas de búsqueda como las que se incluyen en esta serie, las respuestas de los participantes son generalmente más lentas, por lo que puede esperarse que la anticipación de la posición correcta contribuya a mejorar la ejecución de los participantes con respecto a los ensayos no predichos.

Considerando las dificultades mencionadas, se incluye en primer lugar una secuencia relativamente sencilla que se respeta en la mayor parte de los ensayos (Experimento 3a). No obstante, dado que aún así es posible que el efecto que se produzca sea relativamente débil, en un experimento posterior (Experimento 3b)

se presenta una secuencia determinista. El efecto del conocimiento explícito de la secuencia sobre el aprendizaje contextual se explora manipulando la intención de aprender por medio de instrucciones.

Experimento 3a. Secuencias probabilísticas

En este experimento se incluye una secuencia relativamente sencilla (nivel 1), donde el cuadrante en el que aparece el objetivo en un determinado ensayo predice el cuadrante en que se presentará en el ensayo siguiente, respetando la relación en el 75% de los casos.

Método

Participantes. Se asignan 24 estudiantes a cada condición experimental. Para favorecer que el aprendizaje de la secuencia se haga más explícito, se informa a la mitad de los participantes de la existencia de una relación entre las posiciones (cuadrantes) en que se presenta el objetivo a lo largo del entrenamiento (grupo Intencional), mientras que la otra mitad no recibe esta información (grupo Incidental).

Procedimiento

Entrenamiento. En este experimento se establece una secuencia perceptiva sencilla (orden 1) formada por 4 elementos. Esto permite incluir en cada bloque un número suficiente de repeticiones distribuyendo la práctica (1152 ensayos) de la

misma forma que se describe en el Experimento 1 (24 bloques compuestos por 48 ensayos cada uno).

Señalización contextual. Las propiedades de la relación contextual en éste y en los siguientes experimentos son idénticas a las descritas en el Experimento 1 (condición Continua).

Aprendizaje de secuencias. Se incluye una secuencia de orden 1 que relaciona las posiciones sucesivas (cuadrantes) en que se presenta el objetivo en cada ensayo, con la estructura 1-4-2-3, donde los dígitos 1, 2, 3 y 4 se corresponden con los cuadrantes superior izquierdo, superior derecho, inferior izquierdo e inferior derecho, respectivamente (Figura 8). La relación es probabilística, y se respeta en el 75% de los ensayos. En cada bloque la secuencia se presenta 12 veces. En los ensayos No-Secuenciales se establecen dos restricciones con el fin de evitar repeticiones y alternancias: no se permite que el objetivo se presente en el mismo cuadrante que en el ensayo inmediatamente anterior, ni tampoco en el mismo cuadrante ocupado por el objetivo dos ensayos antes. Cada bloque comienza en cualquier punto de la secuencia. Únicamente a los participantes en el grupo Intencional se les informa de la existencia de una relación entre los cuadrantes sucesivos en los que se presenta el objetivo, y se les advierte de que dicha relación se respeta en la mayoría de los ensayos. Las instrucciones que se proporcionan al inicio de cada bloque recuerdan la importancia de prestar atención a la serie de posiciones durante la tarea.

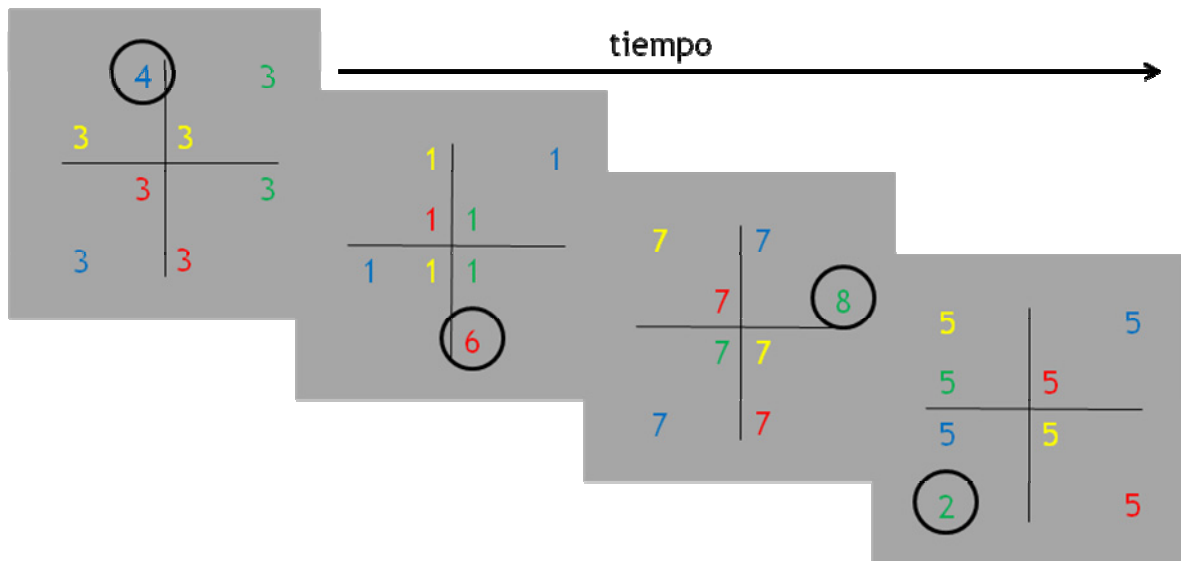


Figura 8. Secuencia de localizaciones (cuadrantes) del objetivo en el Experimento 3a. La secuencia presenta la estructura 1-4-2-3, donde los dígitos se corresponden con el cuadrante superior izquierdo, inferior derecho, superior derecho e inferior izquierdo, respectivamente. Los círculos negros no se presentan durante la tarea.

Medida directa de señalización contextual. Las características de la medida de conciencia que se presenta en los Experimentos 3-5 son las idénticas a las descritas en el Experimento 1.

Medida directa de aprendizaje de secuencias. Debido a que las relaciones secuenciales entre cuadrantes son de orden 1, la tarea de generación con indicios está formada por bloques de 2 ensayos. Los participantes responden en primer lugar a un ensayo análogo a los que se presentan durante el entrenamiento, con la restricción de que en cada bloque el objetivo se presenta en un cuadrante diferente, seleccionado aleatoriamente por el programa para cada participante. En el segundo ensayo de cada bloque (ensayo de predicción) el objetivo se sustituye por otro distractor, y se pide a los participantes que indiquen el cuadrante en el que creen que se habría presentado el objetivo, utilizando de nuevo las teclas

numéricas situadas a la derecha del teclado (4, 5, 1 o 2, para los cuadrantes superior izquierdo y derecho, e inferior izquierdo y derecho, respectivamente). Para valorar en qué medida el conocimiento es explícito, se compara la proporción de aciertos en los ensayos de predicción con el nivel esperable por azar: dado que durante el entrenamiento no se permiten repeticiones con respecto al cuadrante en que se presenta el objetivo en cada ensayo, el nivel esperable por azar se establece en .33. En los Experimentos 3-5 se contrabalancea el orden de presentación de las medidas de conciencia correspondientes a las relaciones contextual y secuencial.

Teniendo en cuenta la dificultad para aprender secuencias perceptivas y la complejidad del entorno experimental², tras finalizar las medidas directas administradas por ordenador, se pide a los participantes que completen una medida de lápiz y papel en la que se les presenta la situación experimental de forma más abstracta, eliminando las características distractoras y favoreciendo la categorización de las respuestas en cuadrantes. Concretamente, se presentan a cada participante 4 pares de tablas, cada una dividida en 4 celdas que representan los diferentes cuadrantes. En la tabla situada a la izquierda de cada par se presenta una letra “X” en uno de los cuadrantes, y se pide a los participantes que indiquen en la tabla de la derecha el cuadrante en el que creen que se habría presentado el objetivo en el ensayo siguiente.

² Al finalizar la sesión algunos participantes se refieren a la tarea de generación con indicios con comentarios del tipo ‘la tarea en la que se pide que diga dónde va a aparecer el número par es un poco extraña’, ‘yo respondí pulsando la tecla del sitio donde había un número impar del mismo color que el número par que veía antes’. Esto podría indicar que en lugar de responder considerando sólo las posiciones, podrían haberlo hecho teniendo en cuenta aspectos no relevantes para la tarea, como el color de los distractores.

Resultados

Entrenamiento. El porcentaje de errores en las condiciones Incidental e Intencional es 3.4 y 5, respectivamente. Aunque se cometen más errores en la condición intencional, la diferencia no es estadísticamente significativa ($t(46) = 1.84, p > .07$).

Señalización contextual y aprendizaje de secuencias. Con respecto a la relación secuencial, en el Experimento 3 se excluye de los análisis el primer ensayo de cada bloque debido a que los participantes producen respuestas lentas mientras se preparan para iniciar la tarea.

Un ANOVA de medidas repetidas sobre los TRs con Condición (Incidental vs. Intencional) como factor intersujetos, y Práctica (bloques 1-12), Contexto (Fijo vs. Variable) y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) como variables intrasujeto, muestra efectos de Práctica, $F(11, 506) = 74.67, MSE = 14255,0, p < .01$, Contexto, $F(1, 46) = 50.33, MSE = 16632,8, p < .01$, y Secuencia, $F(1, 46) = 42.84, MSE = 7490,9, p < .01$, pero no de las interacciones que implican Contexto o Secuencia. Ningún otro efecto o interacción es significativo. Estos resultados indican que se produce un efecto de señalización (38ms; 861 vs. 899ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente), y que en esta misma situación los participantes aprenden la secuencia (24ms; 868 vs. 892ms en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales, respectivamente), sin que el efecto difiera entre grupos. En las Figuras 9 y 10 se representan los efectos de señalización y aprendizaje de secuencias, respectivamente. La ausencia de interacciones que impliquen Contexto y Secuencia indicaría que el aprendizaje de una relación no produciría un efecto sobre el aprendizaje de la otra.

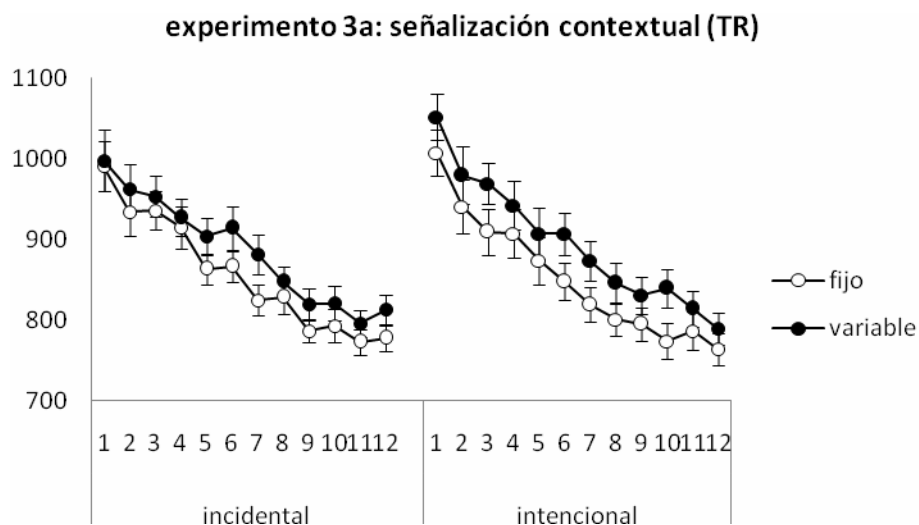


Figura 9. Tiempo de reacción medio en ensayos Fijos y Variables en los grupos Incidental e Intencional a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 3a. Las barras verticales representan el error estándar.

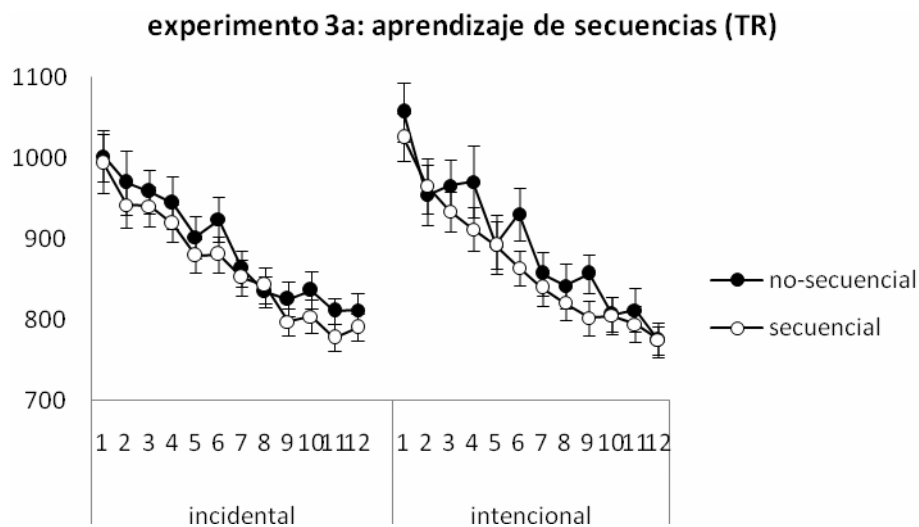


Figura 10. Tiempo de reacción medio en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales en las condiciones Incidental e Intencional a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 3a. Las barras verticales representan el error estándar.

Medida directa de señalización contextual. Un ANOVA sobre el porcentaje de aciertos con Condición (Incidental vs. Intencional) como factor intersujetos, y

Contexto (Fijo vs. Variable) como variable intrasujeto no muestra efectos significativos de Condición ($F = .10, p > .75$), Contexto ($F = .02, p > .88$) ni de la interacción Condición x Contexto ($F = .07, p > .78$). La ausencia de diferencias entre grupos y entre ensayos Fijos y Variables (.25 vs. .26), sugiere que el aprendizaje de la relación contextual es implícito.

Medida directa de aprendizaje de secuencias. Con respecto al aprendizaje de la secuencia, la proporción de aciertos obtenida por ambos grupos en los ensayos de predicción es de .32 y .22 (condiciones Incidental e Intencional, respectivamente), lo que indica que los participantes no señalan la posición del objetivo con una precisión mejor que la esperable por azar (.33). Estos resultados muestran que además de producir un aprendizaje débil e inestable, las secuencias perceptivas que se utilizan en este experimento dan lugar a un conocimiento que parece no hacerse explícito ni siquiera cuando se informa de la existencia de una relación entre las posiciones del objetivo. No obstante, es posible que los participantes conozcan la relación y no la reproduzcan por considerar otros aspectos no relevantes para la tarea, como los distractores o las posiciones dentro de los cuadrantes, que les impedirían centrarse únicamente en la relación entre cuadrantes. Para explorar esta posibilidad, se compara la proporción de aciertos en la medida de lápiz y papel con el nivel esperable por azar (Figura 11): los resultados muestran que la proporción de aciertos es significativamente mayor que la esperable por azar en el grupo informado (.54 vs. .35, en los grupos Intencional e Incidental, respectivamente), $t(23) = 3.67, p < .01$ ($t(23) = 0.53, p > .59$, en el grupo Incidental). Estos datos sugieren que el hecho de proporcionar información sobre la importancia de las posiciones hace que los participantes intencionales

aprendan más acerca de la secuencia, aunque no utilicen ese conocimiento durante la tarea de TRS: para expresar su conocimiento posteriormente en la medida directa, es necesario ayudarles a categorizar las respuestas, eliminando aquellos aspectos de la tarea que no son relevantes para generar la secuencia de posiciones (cuadrantes).

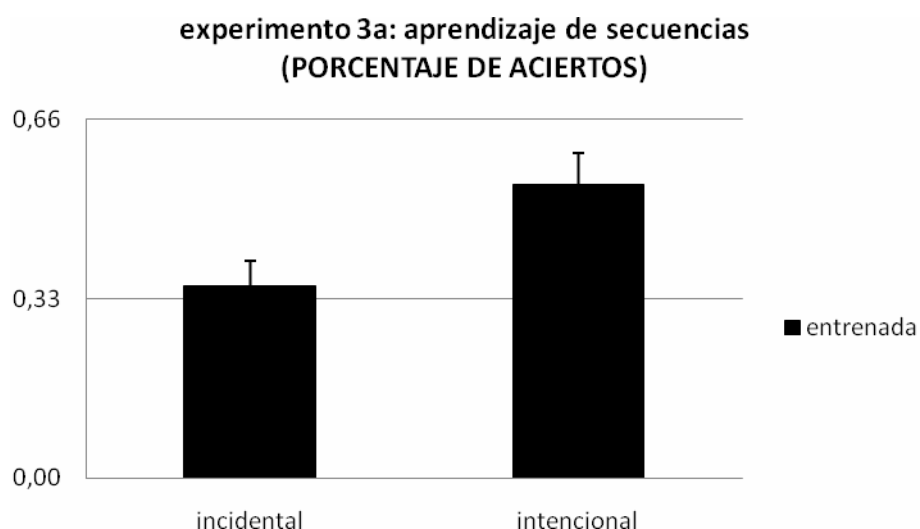


Figura 11. Porcentaje de aciertos generados de acuerdo con la secuencia entrenada en los grupos Incidental e Intencional en la medida de lápiz y papel en el Experimento 3a. La línea central representa el nivel esperable por azar (.33). Las barras verticales representan el error estándar.

Discusión

En este experimento se examina si en un entorno de búsqueda en el que se utiliza un procedimiento de doble señal, el aprendizaje de una relación contextual en la que los distactores informan acerca de la posición del objetivo afecta al aprendizaje de una secuencia en la que la posición del objetivo en cada ensayo informa sobre la localización que ocupará en el siguiente ensayo, y viceversa.

Además se examina si el hecho de proporcionar instrucciones acerca de la importancia de las posiciones hace más explícito el aprendizaje de la secuencia, para comprobar si en este caso la utilización deliberada de la secuencia limita el aprendizaje contextual. En cuanto al efecto de un aprendizaje sobre el otro, se observa que los participantes aprenden ambas relaciones sin que se produzca una interferencia, y sin que el aprendizaje se haga explícito cuando no se proporcionan instrucciones. Este patrón coincide con los resultados de los estudios en los que se plantea que el aprendizaje de secuencias no dependería de un conjunto de recursos limitado, o que no requeriría de los mismos recursos necesarios para aprender la relación contextual, de forma que la inclusión de una segunda relación no limitaría el efecto (e.g., Deroost y Soetens, 2006a; Mayr, 1996). Junto al trabajo de Remillard (2003), este experimento constituye uno de los primeros trabajos en los que se observa aprendizaje de una secuencia perceptiva probabilística de orden 1 en ausencia de una relación motora concurrente (c.f., Deroost y Soetens, 2006a). No obstante, los datos también indican que el efecto de facilitación perceptiva no es demasiado robusto, en comparación con los efectos que se observan cuando se utilizan secuencias de respuestas: estudios previos señalan lo difícil que resulta producir un efecto claro y estable cuando la relación no se establece sobre la serie de respuestas, aún cuando se utilizan estructuras simples (e.g., Deroost y Soetens, 2006a; Hoffmann *et al.*, 2003; Remillard, 2003). Los resultados de este experimento también permiten matizar las conclusiones sugeridas por Deroost y Soetens (2006a) quienes encuentran aprendizaje de secuencias perceptivas cuando la relación es determinista y está acompañada de una relación motora, pero no cuando únicamente se incluye una secuencia perceptiva. Estos autores sugieren que el aprendizaje perceptivo únicamente sería posible cuando coexiste con un

segundo aprendizaje de naturaleza motora, como consecuencia de un proceso de integración entre las características de estímulos y respuestas que posibilitaría el aprendizaje de la relación perceptiva. Sin embargo, en este experimento se observa que los participantes pueden aprender una relación perceptiva en presencia de una segunda fuente de aprendizaje también de naturaleza perceptiva. Por lo que respecta al conocimiento consciente de la secuencia y su efecto sobre el aprendizaje contextual, parece que los participantes aprenden la relación durante la tarea aunque no lleguen a utilizar su conocimiento para anticipar deliberadamente el siguiente estímulo, ni siquiera cuando se informa de la importancia de las posiciones. La medida directa de generación con indicios confirma esta conclusión, al mostrar que en una situación similar los participantes no son capaces de generar correctamente la secuencia. Sin embargo, cuando la situación se hace más abstracta, eliminando los aspectos accesorios y facilitando la categorización de las respuestas, se observa que los participantes informados son capaces de reproducir la relación, lo que indica que la manipulación favorece que el aprendizaje de la secuencia sea más consciente: en este caso los datos muestran que la intención de aprender y el hecho de que el conocimiento se haga explícito no afecta al aprendizaje contextual. Este patrón es consistente con la idea de que es difícil hacer explícito el conocimiento de una secuencia que no se establece en la serie de respuestas, especialmente cuando se presenta en un entorno complejo. Los resultados, por último, son también consistentes con los del conjunto de estudios previos que muestran que los participantes pueden aprender acerca de dos predictores del mismo resultado sin que se produzca competición entre ellos (e.g., Cleeremans, 1997), mostrando además que este aprendizaje se produce en una situación en la que ambas relaciones son perceptivas.

Es posible que aunque la secuencia sea de nivel 1, el hecho de que no se cumpla en todos los ensayos haga más difícil la tarea, limitando la utilidad percibida por los participantes con respecto al uso de esa información: el carácter probabilístico de la secuencia incrementaría la incertidumbre espacial, al no permitir anticipar la posición exacta del objetivo dentro del cuadrante, y ni siquiera el cuadrante con seguridad. Para proporcionar a los participantes una relación más fiable, y favorecer la categorización de las respuestas, en el siguiente experimento se incluye una relación determinista.

Experimento 3b. Secuencias deterministas

Para reducir la incertidumbre espacial e incrementar la utilidad percibida de la información, se incluye una secuencia que permite anticipar correctamente el cuadrante en el que se presentará el objetivo en todos los ensayos de práctica. Los demás aspectos de situación son idénticos a los que se describen en el Experimento 3a.

Método

Participantes. Se asignan 30 estudiantes a cada condición. De nuevo, para favorecer que el conocimiento de la secuencia sea más explícito se advierte de la importancia de las posiciones a la mitad de los participantes (grupo Intencional), mientras que la otra mitad no recibe esta información (grupo Incidental).

Procedimiento

Entrenamiento.

Señalización contextual. Se establece la relación contextual con las mismas características indicadas en el experimento anterior.

Aprendizaje de secuencias. Para maximizar la consistencia del efecto, incluso durante el bloque de prueba del aprendizaje, en este bloque (11) se incluye sólo un 25% de ensayos No-Secuenciales. El aprendizaje de la secuencia se analiza comparando la ejecución en los ensayos No-Secuenciales presentados durante la prueba con la ejecución que se observa en los ensayos Secuenciales que se presentan en los bloques adyacentes. Tras la prueba la secuencia de nuevo es válida en todos los ensayos.

Medidas directas de señalización contextual y aprendizaje de secuencias. Tras finalizar el entrenamiento se presentan las medidas directas informatizadas correspondientes a las relaciones contextual y secuencial. A continuación los participantes completan la medida de lápiz y papel que reproduce de forma esquematizada la tarea de generación con indicios, en la que se les pide que generen la secuencia de posiciones (cuadrantes) del objetivo.

Resultados

Entrenamiento. El porcentaje de errores es similar al que se observa en el experimento anterior (3.4 y 4.4 en los grupos Incidental e Intencional, respectivamente). En este caso los análisis muestran que, en general, en grupo no informado comete menos errores a lo largo del entrenamiento ($t(58) = 2.15$, $p < .03$).

Señalización contextual. Para analizar la evolución de la ejecución a lo largo del entrenamiento, se realiza un ANOVA de medidas repetidas sobre los TRs con Condición (Incidental vs. Intencional) como factor intersujetos, y Práctica (bloques 1-10) y Contexto (Fijo vs. Variable) como variables intrasujeto. Los resultados muestran efectos significativos de Práctica, $F(9, 522) = 121.18$, $MSE = 4438,7$, $p < .01$, y Contexto, $F(1, 58) = 75.46$, $MSE = 3380,0$, $p < .01$, pero no de la interacción Condición x Contexto ($F = .42$, $p > .51$). Ningún otro efecto es significativo. De nuevo se observa un efecto de señalización (29ms; 877 vs. 906ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente), que no varía con la práctica ($F = 1.20$, $p > .29$) y que no difiere entre grupos ($F = .42$, $p > .51$). Cuando la validez de la secuencia se reduce durante la prueba (bloque 11), el efecto de señalización continúa presente (42ms; 795 vs. 837ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente), $F(1, 58) = 27.08$, $MSE = 1886,74$, $p < .01$, sin diferencias entre condiciones ($F = .03$, $p > .85$) o una interacción significativa ($F = .94$, $p > .33$). La Figura 12 muestra el efecto de señalización en ambos grupos.

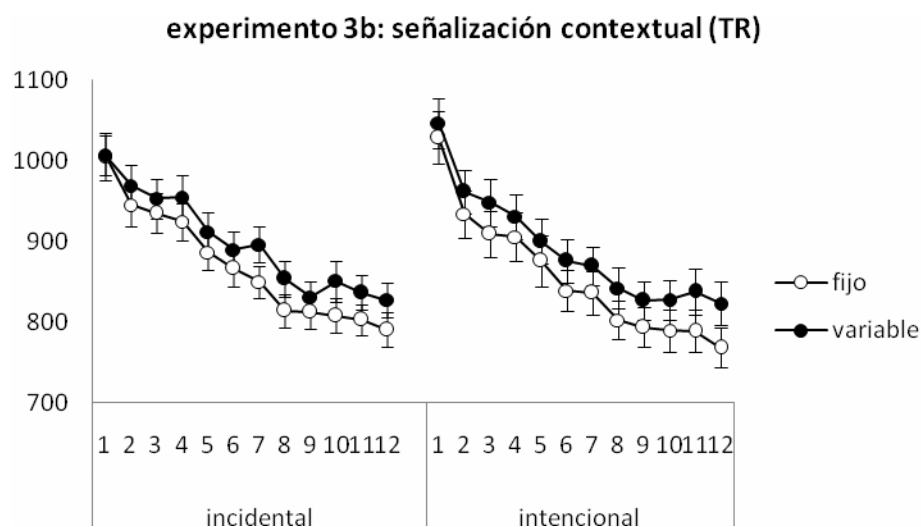


Figura 12. Tiempo de reacción medio en ensayos Fijos y Variables en las condiciones Incidental e Intencional a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 3b. Las barras verticales representan el error estándar.

Aprendizaje de secuencias. Con respecto al efecto de las instrucciones sobre la existencia de una secuencia, un ANOVA sobre los TRs con Condición (Incidental vs. Intencional) como factor intersujetos y Práctica (10) como variable intrasujeto, muestra un efecto significativo de Práctica, $F(9, 522) = 120.57$, $MSE = 2230,4$, $p < .01$, pero no de Condición ($F = .10$, $p > .74$; 897 vs. 886ms en los grupos Incidental e Intencional, respectivamente) o de la interacción Condición x Práctica ($F = 1.67$, $p > .09$). Estos datos muestran que la ejecución mejora a lo largo del entrenamiento en ambos grupos, y que ésta no es mayor cuando se informa acerca de la importancia de las posiciones, lo que sugiere que el grupo informado podría no estar utilizando la información proporcionada por la secuencia para localizar más rápidamente el objetivo. Para evaluar el aprendizaje de la secuencia se compara la ejecución en los ensayos No-Secuenciales incluidos en la prueba (bloque 11), con la ejecución que se observa en los ensayos Secuenciales que se presentan en los bloques adyacentes (bloques 10 y 12). Un ANOVA sobre los TRs con Condición

(Incidental vs. Intencional) como factor intersujetos y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) como variable intrasujeto, no muestra efectos significativos de Condición ($F = .02$, $p > .87$), Secuencia ($F = 3.22$, $p > .07$; 810 vs. 846ms, en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales, respectivamente) o de la interacción Condición x Secuencia ($F = 1.26$, $p > .26$). En la Figura 13 se muestra la ejecución en ambos grupos: aunque la medida de aprendizaje no muestra un efecto significativo, parece existir una mayor diferencia entre ensayos Secuenciales y No-Secuenciales dentro del bloque de prueba en el grupo informado. El análisis separado de los grupos en el que se compara la diferencia entre ensayos Secuenciales y No-Secuenciales durante la prueba confirma esta impresión, mostrando una diferencia significativa en el grupo informado, $t(29) = 2.12$, $p < .04$ (799 vs. 861ms), que no se produce en el grupo Incidental ($t(29) = 1.19$, $p > .24$; 819 vs. 832ms). Este patrón sugiere que al menos el grupo informado habría aprendido la secuencia, aunque estadísticamente no es posible afirmarlo: el hecho de evaluar el aprendizaje de una relación perceptiva en un único punto del entrenamiento, junto con la variabilidad inherente a la tarea, podría estar dificultando la producción de efectos significativos.

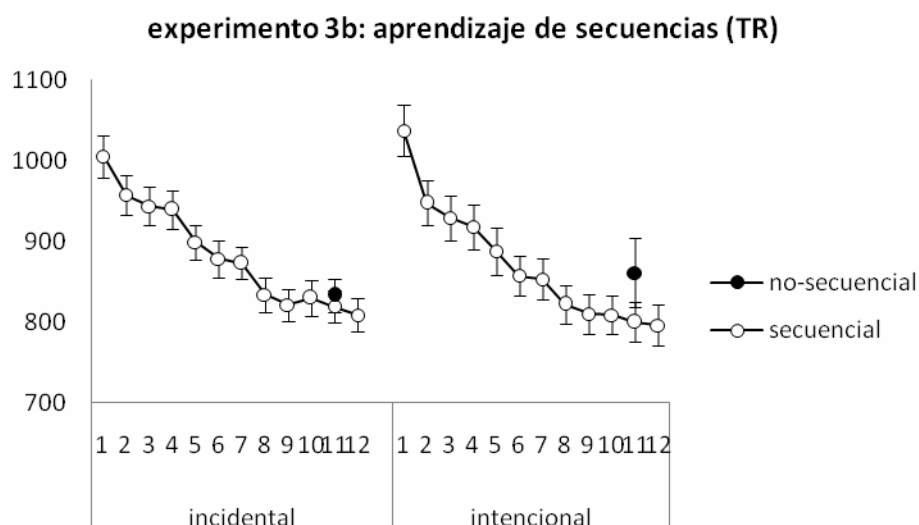


Figura 13. Tiempo de reacción medio en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales en las condiciones Incidental e Intencional a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 3b. El bloque 11 corresponde a la fase de prueba. Las barras verticales representan el error estándar.

Señalización contextual y aprendizaje de secuencias. Para evaluar el efecto de una contingencia sobre la otra, se compara la ejecución en ensayos Fijos y Variables en la prueba (bloque 11) con la ejecución que se observa en ensayos Fijos y Variables presentados en los bloques adyacentes (bloques 10 y 12), de forma análoga a la evaluación del efecto de aprendizaje de secuencias, para examinar si la reducción de la validez afecta al aprendizaje contextual. Un ANOVA sobre los TRs considerando Condición (Incidental vs. Intencional) como factor intersujetos, y Tipo de bloque (Prueba vs. Adyacentes) y Contexto (Fijo vs. Variable) como variables intrasujeto, muestra un efecto significativo de Contexto, $F(1, 58) = 63.22$, $MSE = 1693,66$, $p < .01$ (792 vs. 834ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente). Ningún otro efecto o interacción es significativo. La presencia de un efecto de señalización y la ausencia de una interacción, sugiere que el efecto se mantiene durante la prueba, sin que se vea alterado al reducir la validez de la secuencia. Adicionalmente, para comprobar si la relación contextual afecta diferencialmente

a ensayos Secuenciales y No-Secuenciales se realiza un ANOVA sobre la prueba (bloque 11) considerando Condición (Incidental vs. Intencional) como factor intersujetos, y Contexto (Fijo vs. Variable) y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) como variables intrasujeto, que muestra efectos de Contexto, $F(1, 58) = 16.59$, $MSE = 6268,64$, $p < .01$ (806 vs. 848ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente), y Secuencia, $F(1, 58) = 5.45$, $MSE = 14061,53$, $p < .02$ (809 vs. 845ms en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales, respectivamente). Ningún otro efecto o interacción es significativo. Estos resultados sugieren que durante la prueba se mantiene el efecto de señalización, y que éste no se expresa diferencialmente en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales.

Medida directa de señalización contextual. Un ANOVA sobre el porcentaje de aciertos considerando Condición (Incidental vs. Intencional) como factor intersujetos, y Contexto (Fijo vs. Variable) como variable intrasujeto, no muestra efectos de Condición ($F = 1.27$, $p > .26$), Contexto ($F = .64$, $p > .42$) ni de la interacción Condición x Contexto ($F = .07$, $p > .78$). Estos resultados muestran que el porcentaje de aciertos en ambos grupos no difiere del nivel esperable por azar (.25 vs. .26 en ensayos Fijos y Variables, respectivamente), lo que indicaría que el conocimiento es implícito.

Medida directa de aprendizaje de secuencias. En cuanto al aprendizaje de la secuencia, la tarea de generación con indicios muestra el mismo patrón que en el experimento anterior: el porcentaje de aciertos en los ensayos de predicción no es mayor que el esperable por azar (.33) en ninguno de los grupos (.26 vs. .20 en las condiciones Incidental e Intencional, respectivamente). Junto con la ausencia

general de diferencias significativas entre ensayos Secuenciales y No-Secuenciales que se observa en la medida de aprendizaje correspondiente a la tarea de búsqueda, este resultado parece indicar que los participantes no han aprendido la secuencia. Sin embargo, el análisis de la medida de lápiz y papel muestra el mismo patrón que se observa cuando se presenta una secuencia probabilística: sólo en el grupo informado el porcentaje de aciertos es significativamente mayor que el nivel esperable por azar (.56 vs. .39, en los grupos Intencional e Incidental, respectivamente), $t(29) = 3.55$, $p < .01$ ($t(29) = 1.44$, $p > .15$, en el grupo Incidental). En la Figura 14 se representa este resultado.

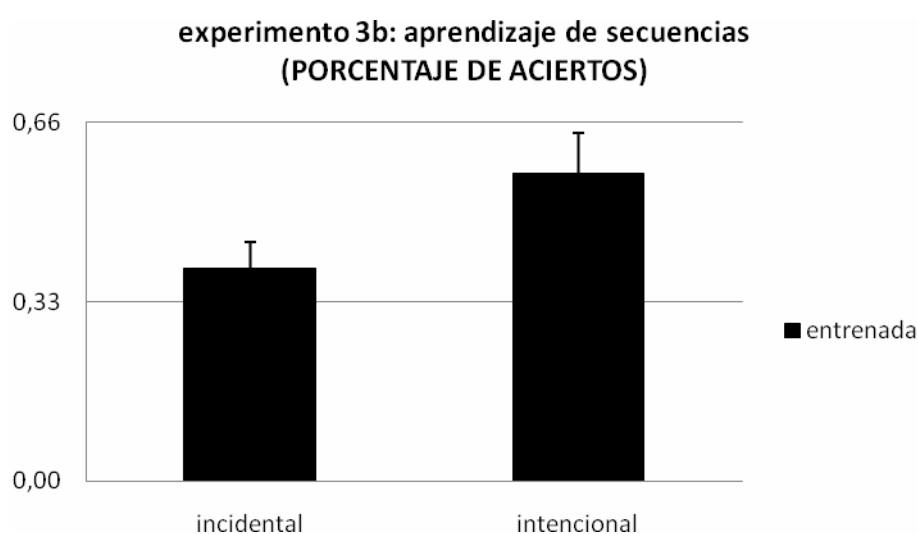


Figura 14. Porcentaje de aciertos generados de acuerdo con la secuencia entrenada en los grupos Incidental e Intencional en la medida de lápiz y papel en el Experimento 3b. La línea central representa el nivel esperable por azar (.33). Las barras verticales representan el error estándar.

Por tanto, los resultados que reflejan las medidas de conciencia en este caso son similares a los que se producen cuando la secuencia es probabilística, con la diferencia de que, en este caso, a pesar de que la secuencia se presenta en una mayor proporción de ensayos, la evaluación del aprendizaje en la medida indirecta

no produce resultados significativos. Esto puede ser resultado de un problema metodológico derivado de la utilización de secuencias deterministas con regularidades perceptivas, cuyos efectos pueden ser relativamente inestables: en esta situación, la comprobación de la existencia de esos efectos puede ser difícil de obtener, precisamente porque, al contrario de las secuencias probabilísticas, la evaluación sólo puede llevarse a cabo durante un bloque puntual de prueba.

Discusión

Cuando se introduce una secuencia perceptiva determinista, el patrón general de resultados que reflejan las medidas directa e indirecta es consistente con los resultados del experimento anterior: los participantes aprenden la relación contextual y, aunque parecen no utilizar la secuencia durante el entrenamiento, la medida de conciencia sugiere que la relación se habría aprendido cuando se proporcionan instrucciones, dando lugar a un conocimiento más explícito, que no estaría afectando al aprendizaje contextual. El hecho de que el aprendizaje de secuencias no se exprese durante el entrenamiento podría tener que ver con la naturaleza perceptiva de la secuencia, con la estructura determinista de la relación, y también con la variabilidad presente en la tarea.

A partir del patrón que se observa en este experimento, no podemos afirmar que los participantes aprendan una secuencia en esta situación, aunque considerando los datos anteriores parece que cuando se evalúa el efecto a lo largo de la práctica los efectos son más claros. En definitiva, parece que la manipulación que se ha introducido en este experimento, orientada a favorecer el aprendizaje de la secuencia haciéndola determinista, no ha producido los resultados esperados.

Por otro lado, es posible que el grado de compatibilidad espacial entre la localización del estímulo y de la respuesta correcta (e.g., Koch, 2007; Simon, 1990) pueda estar afectando al aprendizaje, e incrementando la variabilidad en una tarea que requiere considerar las localizaciones sucesivas del objetivo. El efecto de compatibilidad estímulo-respuesta se refiere al beneficio que se observa en los TRs cuando la localización del objetivo y de la respuesta correcta son espacialmente compatibles, en comparación con el enlentecimiento que se produce cuando ambos ocupan hemisferios diferentes (e.g., Kunde y Stöcker, 2002; Mattes, Leuthold y Ulrich, 2002; Proctor, Wang y Vu, 2002; Stöcker, Sebald y Hoffmann, 2003). En esta situación, la localización del objetivo preactivaría de forma automática una respuesta espacialmente compatible con su posición en ese ensayo, lo que originaría una competición entre las posiciones del estímulo y la respuesta correcta, al tiempo que los participantes deben relacionar las posiciones sucesivas del objetivo. De este modo, la persistencia de una tendencia automática de respuesta a una dimensión ‘irrelevante’ que debe ser controlada, podría afectar bien a la adquisición o a la expresión del aprendizaje de una secuencia perceptiva.

Para explorar el efecto de la (in)compatibilidad espacial, se evalúa de nuevo el aprendizaje de la secuencia comparando la ejecución en los ensayos No-Secuenciales presentados durante la prueba (bloque 11) con la ejecución que se observa en los ensayos Secuenciales que se presentan en los bloques adyacentes, en función del grado de compatibilidad existente entre las localizaciones del estímulo y la respuesta correspondiente: los ensayos espacialmente compatibles incluyen aquellos ensayos en los que los objetivos 2 y 4 se presentan en el hemisferio izquierdo, así como los ensayos en los que las identidades 6 y 8 se presentan en el hemisferio derecho. Las restantes combinaciones conforman el

conjunto de ensayos espacialmente incompatibles. Un ANOVA sobre los TRs considerando Condición (Incidental vs. Intencional) como factor intersujetos y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) y Compatibilidad (Compatible vs. Incompatible) como variables intrasujeto muestra un efecto de Compatibilidad, $F(1, 58) = 10.30$, $MSE = 5712,56$, $p < .01$ (811 vs. 842ms en ensayos Compatibles e Incompatibles, respectivamente). Ningún otro efecto es significativo. Este resultado sugiere que los participantes responden más rápidamente cuando la posición del estímulo y de la respuesta son compatibles, pero indica que la compatibilidad no afectaría diferencialmente a ensayos Secuenciales y No-Secuenciales. En cualquier caso, es posible que en esta situación los participantes hayan optado por ignorar las instrucciones de considerar las posiciones de los estímulos, tratando así de controlar sus tendencias de respuesta y evitar errores: dejarían de considerar las posiciones como una variable especialmente relevante, y se limitarían a localizar el objetivo en cada ensayo y responder a su identidad, sin considerar cuál era su posición en el ensayo previo para anticipar el siguiente³.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, en los dos últimos experimentos se explora el efecto de un aprendizaje sobre el otro y del conocimiento explícito de la secuencia sobre la relación contextual cuando la secuencia se establece sobre la serie de respuestas.

³ Los comentarios proporcionados por algunos participantes al finalizar la sesión experimental son consistentes con esta idea: 'la tarea es menos difícil si busco el número en cada ensayo sin pensar demasiado dónde había aparecido antes o dónde me parece que se va a presentar ahora'.

Experimento 4. Señalización contextual y secuencias motoras de segundo orden

En este experimento se explora si el aprendizaje de una secuencia motora relativamente compleja (orden 2), idéntica a la que se incluye en el Experimento 2, interfiere con la adquisición de un aprendizaje contextual, y viceversa. Para comprobarlo se entrenan tres grupos en los que se incluye la relación contextual (grupo Señalización), la secuencia de respuestas (grupo Secuencia), o bien ambas contingencias (grupo Señalización+Secuencia).

Método

Participantes. Se asignan 30 estudiantes a cada condición (Señalización, Secuencia, Señalización+Secuencia).

Procedimiento

Entrenamiento. Para incluir en cada bloque el suficiente número de observaciones, de nuevo se presentan 12 bloques de 96 ensayos.

Señalización contextual y aprendizaje de secuencias. Se establece de nuevo la relación contextual, con las mismas propiedades descritas en los Experimentos 1 y 3. En cuanto a la relación secuencial, se incluyen dos bloques de prueba (bloques 10-11) para incrementar el número de observaciones que se utilizan para analizar el efecto. La diferencia entre los grupos tiene que ver con la relación que se establece: en los grupos Señalización y Secuencia se incluyen las contingencias

contextual y secuencial, respectivamente, y en el grupo Señalización+Secuencia se establecen ambas simultáneamente. Para examinar si el aprendizaje de una contingencia afecta a la adquisición de la otra, se compara la condición de doble aprendizaje con los grupos en los que sólo está presente una de las relaciones.

Medidas directas de señalización contextual y aprendizaje de secuencias. Tras el entrenamiento se presenta la medida directa de generación de la posición correspondiente a la relación contextual, y también una tarea de generación con indicios análoga a la que se incluye en el Experimento 2.

Resultados

Entrenamiento. Durante la tarea los participantes responden correctamente en la mayor parte de los ensayos. El porcentaje de errores en los grupos Señalización, Secuencia y Señalización+Secuencia es 2.8, 3.1 y 3.3, respectivamente, y no difiere entre los grupos.

Señalización contextual. Para examinar la evolución de la ejecución a lo largo del entrenamiento se realiza un ANOVA sobre los TRs con Condición (Señalización vs. Señalización+Secuencia) como factor intersujetos, y Práctica (9) y Contexto (Fijo vs. Variable) como variables intrasujeto. Los resultados muestran efectos significativos de Práctica, $F(8, 464) = 70.66$, $MSE = 5185,9$, $p < .01$, y Contexto, $F(1, 58) = 77.95$, $MSE = 5201,8$, $p < .01$, lo que indica que general la ejecución mejora con el entrenamiento, sin que se observen diferencias en el nivel general de ejecución entre los grupos ($F = 1.24$, $p > .26$). Además se produce un efecto de señalización

(39ms; 889 vs. 928ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente). También son significativas las interacciones Condición x Práctica, $F(8, 464) = 2.28$, $MSE = 5185,9$, $p < .02$, y Práctica x Contexto, $F(8, 464) = 3.57$, $MSE = 1643,6$, $p < .01$, pero no Condición x Contexto ($F = 1.78$, $p > .18$). Esto sugiere que existen diferencias entre los grupos en el nivel de mejora que se produce a medida que avanza el entrenamiento. El análisis de cada condición considerando los factores Práctica (9) y Contexto (Fijo vs. Variable), muestra efectos significativos de Práctica, $F(8, 232) = 25.46$, $MSE = 4930,999$, $p < .01$ y $F(8, 232) = 46.45$, $MSE = 5440,824$, $p < .01$, Contexto, $F(1, 29) = 27.40$, $MSE = 5326,095$, $p < .01$ (878 vs. 911ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente) y $F(1, 29) = 52.94$, $MSE = 5077,466$, $p < .01$ (900 vs. 945ms), y de la interacción Práctica x Contexto, $F(8, 232) = 2.06$, $MSE = 1495,213$, $p < .03$ y $F(8, 232) = 2.74$, $MSE = 1791,904$, $p < .01$, en los grupos Señalización y Señalización+Secuencia, respectivamente. Estos resultados indican que en ambos casos se produce un efecto de señalización, y que la ejecución mejora a medida que se practica con la tarea. En la Figura 15 se muestra la evolución de los TRs en ensayos Fijos y Variables en ambos grupos. Cuando se reduce la validez de la secuencia durante la prueba (bloques 10-11) el efecto de señalización continúa presente (59ms; 802 vs. 861ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente), como muestra un ANOVA sobre los TRs con Condición (Señalización vs. Señalización+Secuencia) como factor intersujetos y Contexto (Fijo vs. Variable) como variable intrasujeto, $F(1, 58) = 114.25$, $MSE = 903,59$, $p < .01$. Ningún otro efecto es significativo.

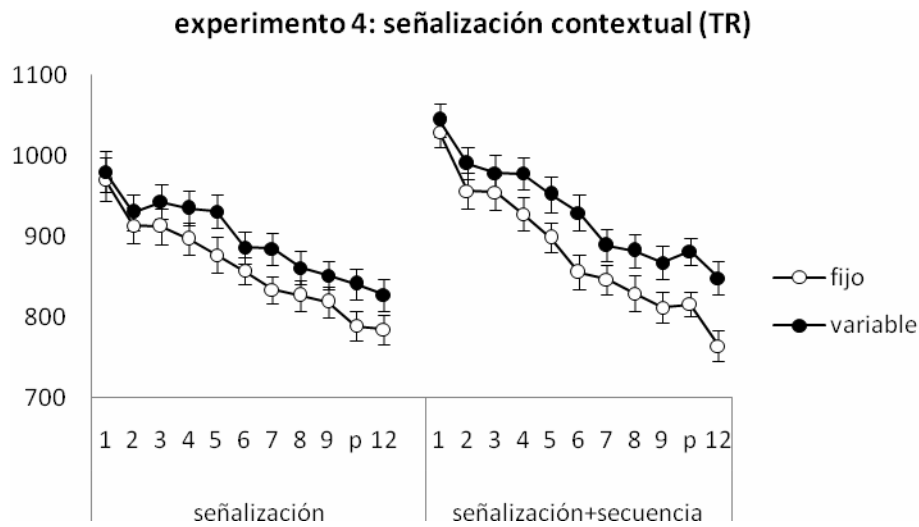


Figura 15. Tiempo de reacción medio en ensayos Fijos y Variables en las condiciones Señalización y Señalización+Secuencia a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 4. Los datos correspondientes a la fase de prueba ('p', bloques 10-11) se presentan agrupados. Las barras verticales representan el error estándar.

Aprendizaje de secuencias. Para evaluar el aprendizaje de la secuencia, se compara la ejecución en los ensayos No-Secuenciales que se presentan durante la prueba (bloques 10-11) con la ejecución en los ensayos Secuenciales presentados en los bloques adyacentes (bloques 9 y 12). Un ANOVA sobre los TRs con Condición (Secuencia vs. Señalización+Secuencia) como factor intersujetos y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) como variable intrasujeto, muestra un efecto de Secuencia, $F(1, 58) = 12.33$, $MSE = 2698,07$, $p < .01$. Ni Condición ($F = .35$, $p > .55$) ni la interacción Condición x Secuencia ($F = .00$, $p > .96$) son significativos. Estos resultados indican que el aprendizaje se produce en ambos grupos, sin diferencias entre ellos (33ms; 831 vs. 864ms en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales, respectivamente). La Figura 16 representa la evolución de los TRs en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales en los dos grupos.

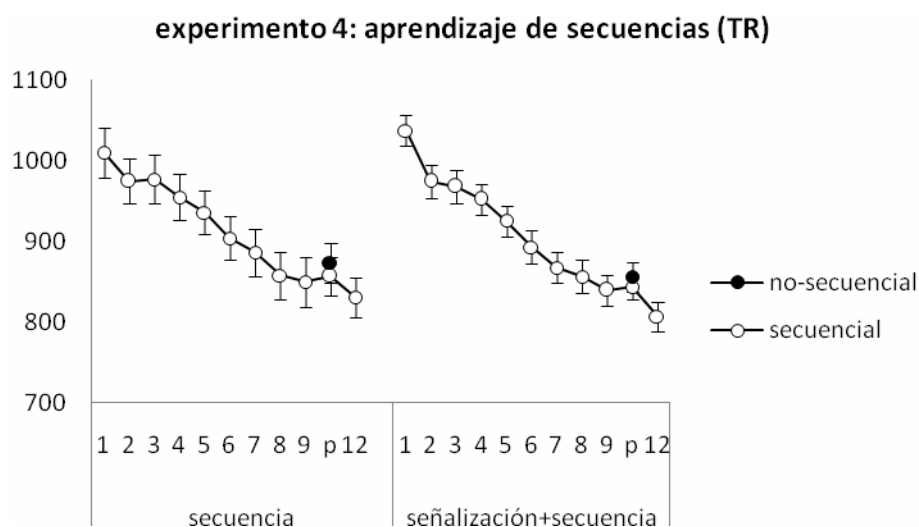


Figura 16. Tiempo de reacción medio en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales en las condiciones Secuencia y Señalización+Secuencia a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 4. Los datos correspondientes a la fase de prueba ('p', bloques 10-11) se presentan agrupados. Las barras verticales representan el error estándar.

Señalización contextual y aprendizaje de secuencias. Para evaluar el efecto de una contingencia sobre la otra, se compara la ejecución en ensayos Fijos y Variables cuando se reduce la validez de la secuencia (bloques 10-11) con la ejecución en los bloques adyacentes (bloques 9 y 12), de forma análoga a la evaluación que se realiza del efecto de aprendizaje de la secuencia. Un ANOVA sobre los TRs en la condición Señalización+Secuencia con Tipo de bloque (Prueba vs. Adyacentes) y Contexto (Fijo vs. Variable) como factores intrasujeto, muestra efectos significativos de Tipo de bloque, $F(1, 29) = 4.45$, $MSE = 4506,955$, $p < .04$ y Contexto, $F(1, 29) = 78.15$, $MSE = 1762,335$, $p < .01$, pero no de la interacción Tipo de bloque x Contexto, lo que confirma que en general la ejecución es más lenta cuando se introducen los ensayos de control (848 vs. 822ms en Prueba y Adyacentes, respectivamente), e indica que el efecto de señalización se mantiene durante esta fase, sin que la disminución de la validez de la secuencia altere el efecto (801 vs.

869ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente). Adicionalmente, para comprobar si la relación contextual afecta diferencialmente a ensayos Secuenciales y No-Secuenciales, se realiza un ANOVA sobre la prueba (bloques 10-11) con Contexto (Fijo vs. Variable) y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) como variables intrasujeto, que muestra un efecto de Contexto, $F(1, 29) = 69.30$, $MSE = 1781,052$, $p < .01$ (816 vs. 880ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente), y no de Secuencia ($F = 1.88$, $p > .18$; 842 vs. 855ms en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales, respectivamente) o de la interacción Contexto x Secuencia ($F = .04$, $p > .84$), lo que confirma la ausencia de un efecto diferencial de una contingencia sobre la otra.

Medida directa de señalización contextual. Un ANOVA sobre el porcentaje de aciertos con Condición (Señalización vs. Señalización+Secuencia) como factor intersujetos y Contexto (Fijo vs. Variable) como variable intrasujeto, no muestra efectos significativos de Condición ($F = .35$, $p > .55$), Contexto ($F = 1.08$, $p > .30$), o de la interacción Condición x Contexto ($F = 1.30$, $p > .25$). La ausencia de diferencias entre grupos o entre ensayos Fijos y Variables (.24 vs. .22), sugiere que el conocimiento es implícito.

Medida directa de aprendizaje de secuencias. Con respecto al aprendizaje de secuencias, un ANOVA sobre el porcentaje de aciertos considerando Condición (Secuencia vs. Señalización+Secuencia) como factor intersujetos y Secuencia (Entrenada vs. Control) como variable intrasujeto, indica que se produce un efecto de Condición, $F(1, 58) = 6.64$, $MSE = .020913$, $p < .01$ (.31 vs. .38 en los grupos Secuencia y Señalización+Secuencia, respectivamente). Este resultado muestra que

en general, el grupo Señalización+Secuencia genera una mayor proporción de sucesores consistentes con la secuencia entrenada o la de control, mientras que en el grupo Secuencia se generan más respuestas que no se corresponden con ninguna de las dos relaciones. No obstante, la ausencia de un efecto de Secuencia ($F = 2.56$, $p > .11$) o de la interacción Condición x Secuencia ($F = .17$, $p > .67$) indica que los participantes no generan significativamente mejor la secuencia entrenada que la alternativa. El análisis de cada grupo confirma esta observación, $F(1, 29) = 1.54$, $MSE = .021655$, $p > .22$ (.34 vs. .29 para las secuencias Entrenada y Control, respectivamente, grupo Secuencia), y $F(1, 29) = 1.03$, $MSE = .011215$, $p > .31$ (.40 vs. .37, para las secuencias Entrenada y Control, respectivamente, grupo Señalización+Secuencia). Esta ausencia de efectos que impliquen Secuencia sugiere que el conocimiento es implícito en ambos grupos.

Discusión

En este experimento se examina el aprendizaje de ambas contingencias en una situación de doble aprendizaje en la que la relación contextual informa acerca de las posiciones, y una secuencia determinista relativamente compleja informa de la identidad del objetivo en el siguiente ensayo. Los datos indican que se produce un efecto implícito de aprendizaje contextual que crece con la práctica, además de un efecto implícito de aprendizaje de secuencias. Estos resultados contribuyen a generalizar las conclusiones obtenidas previamente: el aprendizaje implícito de una relación secuencial no afecta a la adquisición de un efecto de señalización contextual en una situación de doble señal en la que ambos tipos de indicios covarían con la posición de un objetivo (Experimento 3), y tampoco se observa

competición cuando el efecto de señalización coincide con el aprendizaje de una secuencia relativamente compleja de respuestas (Experimento 4). Esto es consistente con la idea de que en una situación como ésta el aprendizaje implícito de secuencias parece no depender de un conjunto limitado de recursos (e.g., Deroost y Soetens, 2006a; Mayr, 1996).

Este experimento sugiere además que el aprendizaje de relaciones motoras es más consistente que el de secuencias perceptivas, incluso cuando las relaciones que se establecen entre las respuestas son relativamente más complejas, lo que coincide con las conclusiones de otros estudios en los que se plantea que el principal componente implicado en el aprendizaje de secuencias es de tipo motor (e.g., Deroost y Soetens, 2006a; Hoffmann *et al.*, 2003; Remillard, 2003).

En conjunto, los resultados obtenidos con secuencias motoras indican que las situaciones de búsqueda permiten observar efectos de aprendizaje de secuencias, al tiempo que limitan la obtención de efectos de aprendizaje explícito. Finalmente, para examinar el posible efecto que el aprendizaje explícito de una secuencia motora podría producir sobre el aprendizaje contextual, en el Experimento 5 se reduce la complejidad de estas estructuras secuenciales, seleccionando un conjunto de secuencias híbridas.

Experimento 5. Señalización contextual y aprendizaje explícito de secuencias

Este experimento incluye de nuevo una situación de doble aprendizaje en la que se explora si el hecho de hacer explícita la secuencia afecta al aprendizaje de la relación contextual. Los experimentos anteriores muestran que en esta situación una secuencia perceptiva relativamente sencilla produce un aprendizaje débil e

inconsistente (Experimento 3), y que el efecto es más claro cuando la secuencia se establece sobre la serie de respuestas (Experimentos 2 y 4). No obstante, en este último caso también se encuentra que las secuencias relativamente complejas dan lugar a un conocimiento menos explícito. Para favorecer que el aprendizaje se haga explícito y poder examinar si afecta aprendizaje de una segunda relación, se incluyen secuencias menos complejas (híbridas), tanto probabilísticas (Experimento 5a) como deterministas (Experimento 5b).

Experimento 5a. Secuencias probabilísticas

Los resultados anteriores muestran que el aprendizaje de relaciones de nivel 2 no llega a hacerse explícito en una situación de búsqueda: para favorecer que los participantes descubran y utilicen deliberadamente la secuencia, en este experimento se incluyen secuencias más sencillas (híbridas), que incluyen información de nivel 1 y 2.

Método

Participantes. Para examinar el efecto del conocimiento explícito sobre el aprendizaje contextual, se incluye un grupo en el que se presentan ambas contingencias (condición Señalización+Secuencia). Además, para explorar el aprendizaje de la secuencia híbrida en presencia de la relación contextual, se establece un grupo al que sólo se le presenta la secuencia (grupo Secuencia). Se asignan 24 participantes a cada una de las dos condiciones experimentales.

Procedimiento

Entrenamiento.

Señalización contextual y aprendizaje de secuencias. Se establece la relación contextual con las mismas características que en los experimentos anteriores. Con respecto a la contingencia secuencial, se incluyen secuencias híbridas de respuestas formadas por 8 elementos, que incluyen dos repeticiones de cada respuesta (identidad del objetivo). Para controlar la posibilidad de que la secuencia seleccionada facilite el aprendizaje de ciertas transiciones especialmente salientes, se generan 4 secuencias diferentes que se aplican a diferentes participantes. La secuencia de entrenamiento asignada a cada participante se respeta en el 75% de los ensayos, mientras que en el 25% restante se presenta una secuencia de control (Tabla 1).

	Entrenada	Control
Secuencia 1	2-6-4-8-2-6-8-4	2-4-6-8-2-4-8-6
Secuencia 2	4-8-2-6-4-8-6-2	4-2-6-8-4-2-8-6
Secuencia 3	2-4-6-8-2-4-8-6	2-6-4-8-2-6-8-4
Secuencia 4	4-2-6-8-4-2-8-6	4-8-2-6-4-8-6-2

Tabla 1. Secuencias híbridas entrenada y control utilizadas en el Experimento 5a. Cada una de ellas está formada por 8 elementos y contiene 2 transiciones únicas y 6 ambiguas.

Todas las secuencias son estructuralmente análogas: tanto las secuencias entrenadas como las correspondientes secuencias de control contienen 2 repeticiones de una misma transición única, que permite a los participantes anticipar la identidad del objetivo en el siguiente ensayo teniendo en cuenta únicamente su identidad en el ensayo actual (e.g., 2-6 en la secuencia entrenada 1, y 2-4 en la correspondiente secuencia de control). Las 6 transiciones restantes de cada secuencia son ambiguas: se crean seleccionando las tres respuestas que no se han utilizado como predictor en la transición única (e.g., las respuestas 4, 6 y 8 en la primera secuencia). Cada una de esas tres respuestas se repite en dos ocasiones en cada secuencia y para cada una de ellas se presenta un sucesor diferente, de modo que estas respuestas no proporcionan información de orden 1 (e.g., después del 4 pueden aparecer el 2 o el 8, después del 6 el 4 o el 8, y después del 8, el 2 o el 4, según la primera de las secuencias entrenadas que se presentan en la Tabla 1). Cada bloque contiene 9 repeticiones de la secuencia entrenada y 3 de la secuencia de control, excepto el bloque de prueba (bloque 11), en el que se incluyen 6 repeticiones de cada una. El cambio de una secuencia a otra se realiza respetando la información de orden 2.

Medidas directas de señalización contextual y aprendizaje de secuencias. La tarea de generación de la posición que se utiliza para evaluar el conocimiento consciente acerca de la relación contextual es idéntica a la descrita en los experimentos anteriores. Con respecto al aprendizaje de la secuencia, durante la tarea de generación con indicios se presentan dos repeticiones de cada uno de los 8 contextos legales de longitud 2 correspondientes a las secuencias entrenada y de control, de forma que los dos primeros ensayos de cada bloque son análogos a los

presentados durante la tarea de TRS y el último constituye el ensayo de predicción, en el que la identidad del ojetivo se sustituye por la de otro distractor y se pide a los participantes que indiquen qué número par creen que se habría presentado, considerando cuál fue su identidad en los ensayos previos.

Resultados

Entrenamiento. El porcentaje de errores en las condiciones Secuencia y Señalización+Secuencia es 3.6 y 3.1, respectivamente. Ambos grupos realizan la tarea con un nivel de precisión similar ($t(46) = .85, p > .39$).

Señalización contextual. Para analizar la evolución del aprendizaje contextual se realiza un ANOVA sobre los TRs en la condición Señalización+Secuencia con Práctica (bloques 1-10) y Contexto (Fijo vs. Variable) como variables intrasujeto. Los resultados muestran efectos significativos de Práctica, $F(9, 207) = 36.44, MSE = 7553,256, p < .01$, que indica que se produce una mejora en el nivel general de ejecución a medida que avanza el entrenamiento, y Contexto, $F(1, 23) = 40.19, MSE = 3289,976, p < .01$, que indica que también en esta situación se produce un efecto de señalización (33ms; 824 vs. 857ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente). La interacción no es significativa ($F = 1.29, p > .24$), indicando que el efecto no aumenta con el entrenamiento.

Cuando la validez de la secuencia se reduce durante la prueba (bloque 11), el efecto de señalización continúa presente, $F(1, 23) = 21.11, MSE = 1510,795, p < .01$ (51ms; 744 vs. 795ms). Estos resultados indican que además de observarse un efecto de aprendizaje contextual a lo largo del entrenamiento cuando la relación

contextual se presenta acompañada por una secuencia que no se respeta en todos los ensayos, cuando se reduce de nuevo su validez el aprendizaje contextual no se elimina. La Figura 17 muestra la ejecución en ensayos Fijos y Variables en el grupo Señalización+Secuencia.

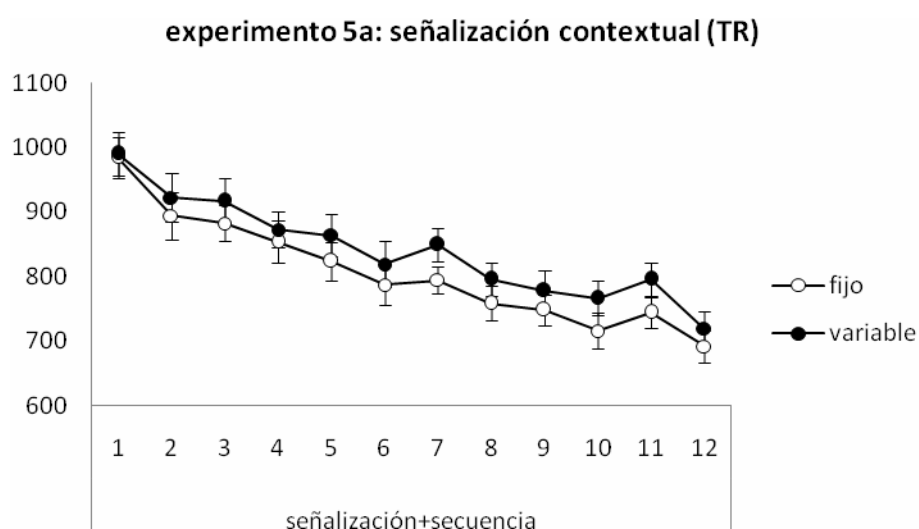


Figura 17. Tiempo de reacción medio en ensayos Fijos y Variables en la condición Señalización+Secuencia a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 5a. Las barras verticales representan el error estándar.

Aprendizaje de secuencias. Con respecto a la relación secuencial, para analizar el aprendizaje a lo largo del entrenamiento se realiza un ANOVA sobre los TRs con Condición (Secuencia vs. Señalización+Secuencia) como factor intersujetos, y Práctica (bloques 1-10) y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) como variables intrasujeto. Los resultados muestran efectos significativos de Práctica, $F(9, 414) = 61.78$, $MSE = 8552,6$, $p < .01$, indicando que se produce una mejora en la ejecución a lo largo del entrenamiento, y Secuencia, $F(1, 46) = 19.52$, $MSE = 48146,1$, $p < .01$, lo que sugiere que los participantes aprenden a anticipar la identidad del objetivo (63ms; 818 vs. 881ms en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales, respectivamente).

Ningún otro efecto o interacción es significativo. No obstante, la interacción Práctica x Secuencia muestra una tendencia que sugiere que el aprendizaje mejora a lo largo del entrenamiento ($F(9, 414) = 1.79$, $MSE = 4914,7$, $p > .06$). El análisis de cada grupo muestra que el aprendizaje únicamente aumenta con el entrenamiento en el grupo Señalización+Secuencia, $F(9, 207) = 2.26$, $MSE = 4714,98$, $p < .01$ ($F = 1.11$, $p > .35$, en el grupo Secuencia). Al evaluar el aprendizaje de la secuencia durante la prueba (bloque 11), cuando su validez se reduce de .75 a .50, se observa que el efecto continúa presente (94ms; 694 vs. 788ms), $F(1, 46) = 25.91$, $MSE = 8018,15$, $p < .01$. Ni el efecto de Condición ($F = .26$, $p > .61$), ni la interacción Condición x Secuencia ($F = .45$, $p > .50$) son significativos. La Figura 18 representa la evolución de los TRs en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales en ambos grupos a lo largo del entrenamiento.

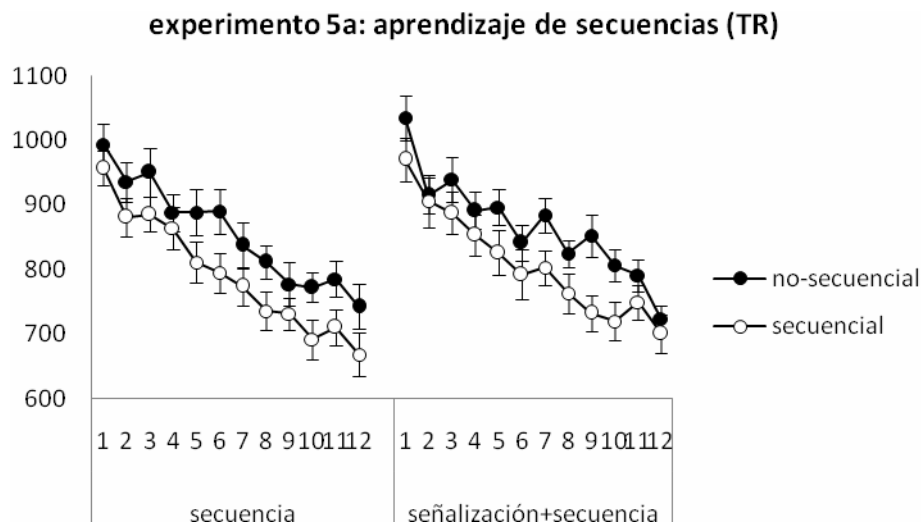


Figura 18. Tiempo de reacción medio en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales en las condiciones Secuencia y Señalización+Secuencia a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 5a. El bloque 11 corresponde a la fase de prueba. Las barras verticales representan el error estándar.

Señalización contextual y aprendizaje de secuencias. Dado que en este experimento se utilizan secuencias probabilísticas, es posible evaluar el efecto de una relación sobre la otra a lo largo de la práctica. Para ello se realiza un ANOVA sobre los TRs correspondientes a la fase de entrenamiento en el grupo Señalización+Secuencia considerando Práctica (bloques 1-10), Contexto (Fijo vs. Variable) y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) como variables intrasujeto. El análisis muestra efectos de Práctica, $F(9, 207) = 30.09$, $MSE = 16445,34$, $p < .01$, Contexto, $F(1, 23) = 25.91$, $MSE = 9508,29$, $p < .01$, y Secuencia, $F(1, 23) = 10.23$, $MSE = 94884,52$, $p < .01$, lo que indica que se produce una mejora general de la ejecución a lo largo del entrenamiento, junto a un efecto de señalización y de aprendizaje de secuencias. También son significativas las interacciones Práctica x Secuencia, $F(9, 207) = 2.31$, $MSE = 9713,71$, $p < .01$, y Práctica x Contexto x Secuencia, $F(9, 207) = 1.96$, $MSE = 5682,45$, $p < .04$. La primera muestra que el aprendizaje de la secuencia aumenta a medida que los participantes practican con la tarea. Para interpretar la interacción triple, se analiza por separado la ejecución en contextos Fijos y Variables a lo largo del entrenamiento cuando se presentan en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales (Figura 19). Un ANOVA sobre los TRs correspondientes a los ensayos Secuenciales en el grupo Señalización+Secuencia considerando Práctica (bloques 1-10) y Contexto (Fijo vs. Variable) como variables intrasujeto, muestra efectos de Práctica, $F(9, 207) = 31.75$, $MSE = 9571,014$, $p < .01$, y Contexto, $F(9, 23) = 35.75$, $MSE = 3690,600$, $p < .01$, indicando un efecto general del entrenamiento y de la relación contextual (808 vs. 841ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente). Aunque no se observa una interacción significativa Práctica x Contexto, los análisis muestran que sí se produce un efecto lineal en esta interacción ($F = 4.52$, $p < .04$). El mismo análisis realizado sobre los

ensayos No-Secuenciales muestra efectos de Práctica, $F(9, 207) = 12.86$, $MSE = 16588,04$, $p < .01$, Contexto, $F(9, 23) = 10.31$, $MSE = 11124,17$, $p < .01$ (873 vs. 904), y también de la interacción Práctica x Contexto, $F(9, 207) = 2.03$, $MSE = 8855,69$, $p < .03$. En este caso, en cambio, aunque la interacción confirma que el efecto no se produce de manera estable a lo largo del entrenamiento, la tendencia observada no sigue un patrón de crecimiento lineal ($F = 2.02$, $p > .17$). Estos datos reflejan un efecto de señalización que se incrementa a lo largo del entrenamiento cuando la secuencia se respeta, y un efecto menos consistente en los ensayos No-Secuenciales.

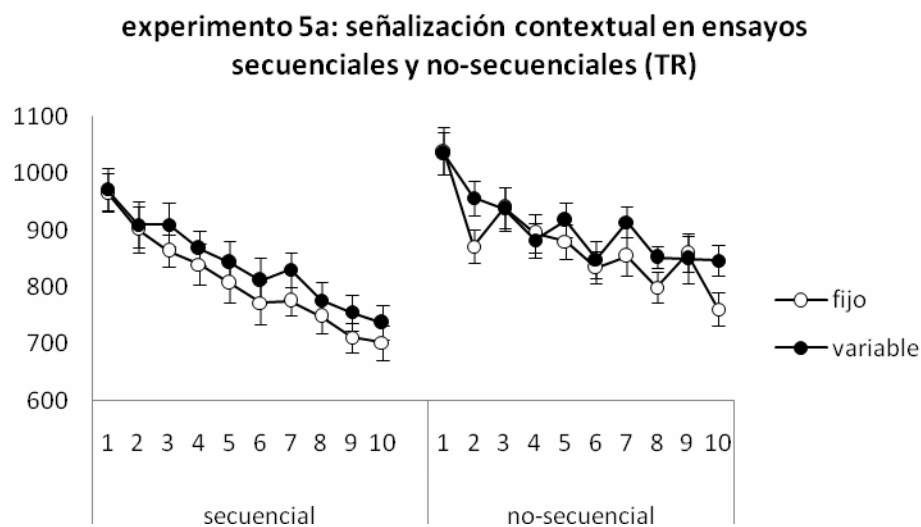


Figura 19. Tiempo de reacción medio en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales en función del tipo de ensayo (Fijo vs. Variable) en el Experimento 5a (grupo Señalización+Secuencia). Las barras verticales representan el error estándar.

Para comprobar si al reducir la validez de la secuencia durante la prueba (bloque 11) continúa sin producirse una interacción entre ambas contingencias, se compara la ejecución en ensayos Fijos y Variables en el bloque 11 con la ejecución en los bloques adyacentes (bloques 10 y 12), considerando además si se trata de ensayos

Secuenciales o No-Secuenciales. Un ANOVA considerando Tipo de bloque (Prueba vs. Adyacentes), Contexto (Fijo vs. Variable) y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) muestra efectos de Tipo de bloque, $F(1, 23) = 12.27$, $MSE = 4507,94$, $p < .01$ (770 vs. 736ms en Prueba y Adyacentes, respectivamente), Contexto, $F(1, 23) = 41.66$, $MSE = 2567,49$, $p < .01$ (729 vs. 776 en ensayos Fijos y Variables, respectivamente), y Secuencia, $F(1, 23) = 6.36$, $MSE = 16641,28$, $p < .01$ (729 vs. 776 en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales, respectivamente). Ninguna interacción es significativa. Estos resultados sugieren que en general la ejecución es más lenta al reducir la validez de la secuencia, y que los efectos de aprendizaje contextual y secuencial que se observan durante el entrenamiento no varían durante esta fase. Finalmente, para examinar qué sucede durante el bloque 11, se realiza un ANOVA considerando Contexto (Fijo vs. Variable) y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial), que muestra efectos de Contexto, $F(1, 23) = 20.36$, $MSE = 2997,677$, $p < .01$, y Secuencia, $F(1, 23) = 4.82$, $MSE = 8767,121$, $p = .03$, pero no de la interacción Contexto x Secuencia ($F = .28$, $p > .59$), sugiriendo la ausencia de un efecto de una relación sobre la otra.

Medida directa de señalización contextual. El análisis del porcentaje de aciertos en el grupo Señalización+Secuencia con Contexto (Fijo vs. Variable) como variable intrasujeto no muestra efectos significativos ($t(23) = .83$, $p > .41$; .27 vs. .24 en ensayos Fijos y Variables, respectivamente), lo que sugiere que el conocimiento es implícito.

Medida directa de aprendizaje de secuencias. Los datos correspondientes a la generación de la secuencia muestran el mismo patrón: un ANOVA sobre el

porcentaje de aciertos con Condición (Secuencia vs. Señalización+Secuencia) como factor intersujetos, y Secuencia (Entrenada vs. Control) como variable intrasujeto no muestra efectos significativos de Condición ($F = .35, p > .55$), Secuencia ($F = 2.89, p > .09$; .47 vs. .41 para las secuencias Entrenada y Control, respectivamente), o de la interacción Condición x Secuencia ($F = .26, p > .60$). Este último resultado indica que aún cuando se utiliza una secuencia de respuestas menos compleja que una estructura condicional de segundo orden, el conocimiento en esta situación continúa sin hacerse explícito cuando el entrenamiento es probabilístico. Por tanto, aunque se observa que el aprendizaje de una de las relaciones continúa sin afectar a la adquisición de la otra, los resultados de la medida directa de aprendizaje de secuencias no permiten responder a la cuestión principal: si el aprendizaje explícito de la secuencia afecta al aprendizaje contextual. Es posible que utilizar una secuencia menos compleja, que se establece sobre la serie de respuestas, no sea suficiente para hacer explícito el aprendizaje en esta situación: el hecho de que la relación no se respete en todos los ensayos puede estar afectando a la confianza de los participantes en su propio conocimiento, que de otro modo tratarían de utilizar deliberadamente.

Discusión

En este experimento se explora el aprendizaje de las relaciones contextual y secuencial cuando se incluyen secuencias relativamente sencillas para favorecer que el aprendizaje sea más explícito: como ocurre en los Experimentos 2 y 4, en general se observa que al establecer la relación en la serie de respuestas el aprendizaje de secuencias es más consistente que cuando la contingencia es

perceptiva. En cuanto al efecto de señalización, de nuevo se desarrolla en presencia de una segunda relación, sin que se observe una interferencia. Este patrón es coherente con la idea de que en esta situación el aprendizaje de una relación no interfiere con la adquisición de la otra (e.g., Deroost y Soetens, 2006a; Mayr, 1996). Por otra parte, el hecho de que el aprendizaje de la secuencia sea más robusto sugiere de nuevo que el componente motor sería el principal implicado en el aprendizaje de secuencias (e.g., Deroost y Soetens, 2006a; Remillard, 2003).

En cuanto al efecto del conocimiento explícito sobre el aprendizaje contextual, las medidas de conciencia indican que el aprendizaje es implícito en ambos casos, lo que no permite valorar su efecto. Parece que en una tarea de búsqueda como ésta continúa resultando difícil hacer explícito el aprendizaje cuando es necesario localizar el objetivo en cada ensayo, incluso cuando se utiliza una secuencia de respuestas relativamente simple. Es posible que el hecho de que la relación no se respete en cada ensayo dificulte que los participantes confíen en su conocimiento, limitando así la posibilidad de que éste se haga explícito y se utilice en la medida de conciencia. En el último experimento se incluyen secuencias deterministas para favorecer que el conocimiento sea más explícito.

Experimento 5b. Secuencias deterministas

Para favorecer que el conocimiento de la secuencia se haga más explícito y poder explorar su efecto sobre el aprendizaje contextual, la secuencia se hace determinista, permitiendo a los participantes anticipar correctamente la siguiente respuesta en cada ensayo.

Método

Participantes. Se establecen las mismas condiciones que en el Experimento 5a (Secuencia, Señalización+Secuencia) y se asignan 24 participantes a cada grupo.

Procedimiento

Entrenamiento.

Señalización contextual y aprendizaje de secuencias. Se incluye de nuevo la relación contextual con las mismas propiedades señaladas anteriormente. Con respecto al aprendizaje de secuencias, a lo largo del entrenamiento únicamente se presentan las secuencias entrenadas que se muestran en la Tabla 1. Para evaluar el aprendizaje se incluye un bloque de prueba (bloque 11), en el que la mitad de los ensayos corresponden a la secuencia de control.

Medidas directas de señalización contextual y aprendizaje de secuencias. Tras finalizar el entrenamiento los participantes realizan la tarea de generación de la posición correspondiente a la relación contextual, y también la tarea de generación con indicios con la que se evalúa el grado de conocimiento explícito de la secuencia.

Resultados

Entrenamiento. El porcentaje de errores en los grupos Secuencia y Señalización+Secuencia es 3.1 y 2.5, respectivamente. De nuevo en ambas condiciones se realiza la tarea con un nivel de precisión similar ($t(46) = 1.16$, $p > .24$).

Señalización contextual. Para examinar la evolución del aprendizaje contextual a lo largo del entrenamiento se realiza un ANOVA sobre los TRs en el grupo Señalización+Secuencia con Práctica (bloques 1-10) y Contexto (Fijo vs. Variable) como variables intrasujeto. Los resultados muestran efectos significativos de Práctica, $F(9, 207) = 37.13$, $MSE = 28186,95$, $p < .01$, y Contexto, $F(1, 23) = 9.20$, $MSE = 4418,16$, $p < .01$. La interacción interacción Práctica x Contexto no es significativa ($F = .76$, $p > .64$). Esto indica que la ejecución mejora a medida que avanza el entrenamiento y que se produce un efecto de aprendizaje contextual (18ms; 690 vs. 708ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente) que no aumenta con la experiencia. Es importante hacer notar que, en términos absolutos, este efecto es el más pequeño obtenido a lo largo de la presente serie de experimentos. En la Figura 20 se muestran los TRs correspondientes a ensayos Fijos y Variables en el grupo Señalización+Secuencia. Cuando la validez de la secuencia se reduce durante la prueba (bloque 11), sin embargo, el efecto de señalización se ve incrementado, $F(1, 23) = 25.23$, $MSE = 2206,143$, $p < .01$ (68ms; 784 vs. 852ms).

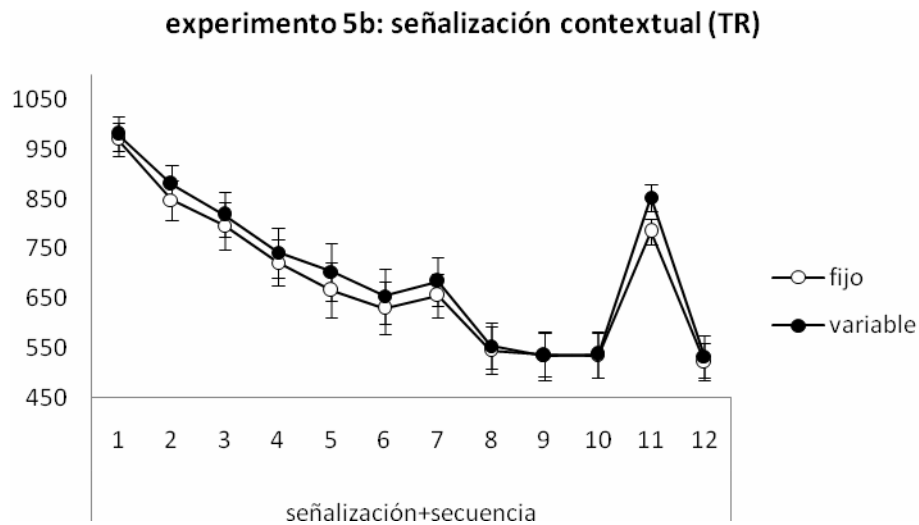


Figura 20. Tiempo de reacción medio en ensayos Fijos y Variables en la condición Señalización+Secuencia a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 5b. Las barras verticales representan el error estándar.

Aprendizaje de secuencias. Con respecto al aprendizaje de la secuencia, para evaluar la evolución de la ejecución a lo largo del entrenamiento se realiza un ANOVA sobre los TRs con Condición (Secuencia vs. Señalización+Secuencia) como factor intersujetos y Práctica (bloques 1-10) como variable intrasujeto. El efecto de Práctica, $F(9, 414) = 81.26$, $MSE = 12542,7$, $p < .01$ indica que la ejecución de los participantes mejora con la experiencia, sin diferencias entre los grupos ($F = .78$, $p > .37$). La interacción Condición x Práctica no es significativa. Para evaluar el aprendizaje, se compara la ejecución en los ensayos No-Secuenciales presentados durante la prueba (bloque 11) con la ejecución en los ensayos Secuenciales que se presentan en los bloques adyacentes (bloques 10 y 12). Un ANOVA sobre los TRs con Condición (Secuencia vs. Señalización+Secuencia) como factor intersujetos, y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) como variable intrasujeto muestra efectos significativos de Secuencia, $F(1, 46) = 88.23$, $MSE = 41611,20$, $p < .01$, lo que indica que los participantes aprenden a anticipar el siguiente evento (391ms; 558 vs. 949ms

en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales, respectivamente). Ni Condición ($F = 2.01$, $p > .16$) ni la interacción Condición x Secuencia ($F = .05$, $p > .81$) son significativos, indicando que no existen diferencias entre los grupos. Nótese que este efecto de aprendizaje de secuencias es el mayor que se ha obtenido a lo largo de la presente serie de experimentos. En la Figura 21 se representa la ejecución en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales en ambos grupos.

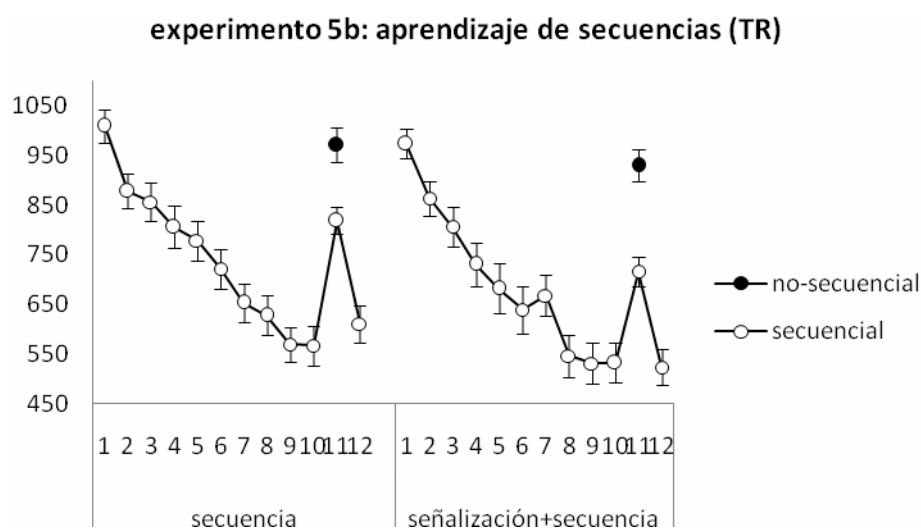


Figura 21. Tiempo de reacción medio en ensayos Secuenciales y No-Secuenciales en las condiciones Secuencia y Señalización+Secuencia a lo largo del entrenamiento (bloques 1-12) en el Experimento 5b. El bloque 11 corresponde a la fase de prueba. Las barras verticales representan el error estándar.

Señalización contextual y aprendizaje de secuencias. Para comprobar si el aprendizaje de la secuencia afecta al aprendizaje contextual, se compara la ejecución en ensayos Fijos y Variables durante la prueba (bloque 11) con la ejecución en los bloques adyacentes (bloques 10 y 12). Un ANOVA sobre los TRs en la condición Señalización+Secuencia con Tipo de bloque (Prueba vs. Adyacentes) y Contexto (Fijo vs. Variable) como factores intrasujeto muestra efectos significativos de Tipo de bloque, $F(1, 23) = 44.33$, $MSE = 44611.09$, $p < .01$, Contexto, $F(1, 23) =$

23.13, $MSE = 1455.29$, $p < .01$, y de la interacción Práctica x Contexto, $F(1, 23) = 10.30$, $MSE = 2189.23$, $p < .01$. Estos resultados indican que los TRs son significativamente más lentos durante la Prueba (818 vs. 531ms), y que durante esta fase se expresa un efecto de señalización (37ms; 656 vs. 693ms en ensayos Fijos y Variables, respectivamente) que no se observa en los bloques previos a la fase de prueba (bloques 8-10) y tampoco en el bloque posterior, cuando se retira la secuencia de control (bloque 12). Para comprobar si la relación contextual afecta diferencialmente a ensayos Secuenciales y No-Secuenciales durante la prueba (bloque 11), se realiza un ANOVA con Contexto (Fijo vs. Variable) y Secuencia (Secuencial vs. No-Secuencial) como variables intrasujeto que muestra efectos significativos de Contexto, $F(1, 23) = 21.02$, $MSE = 4662,65$, $p < .01$, y Secuencia, $F(1, 23) = 22.75$, $MSE = 47757,12$, $p < .01$, pero no de la interacción Contexto x Secuencia ($F = 1.05$, $p > .31$). Este análisis muestra que en el bloque 11 permanece el efecto de la secuencia y de la relación contextual, sin que se observe un efecto diferencial de una contingencia sobre la otra. Como muestran a continuación las medidas directas, parece que el aprendizaje y uso explícito de la secuencia durante los bloques en que ésta se cumple de manera determinista permite anticipar la siguiente respuesta, reduciendo la necesidad de localizar el objetivo en cada ensayo. Esto contribuye a eliminar la diferencia entre ensayos Fijos y Variables en los bloques finales del entrenamiento, pero no impide la adquisición de ese aprendizaje contextual, que se recupera cuando se reduce la validez de la secuencia (bloque 11), y vuelve a dejar de expresarse al retirar la secuencia de control.

Medida directa de señalización contextual. Una prueba t sobre el porcentaje de aciertos en la condición Señalización+Secuencia para comparar la ejecución en ensayos Fijos y Variables, no muestra diferencias entre ambos ($t(23) = .46$, p

> .64; .23 vs. .24 en ensayos Fijos y Variables, respectivamente), lo que indica que el efecto de señalización es implícito.

Medida directa de aprendizaje de secuencias. Con respecto al aprendizaje de la secuencia, para examinar en qué medida los participantes generan correctamente la secuencia entrenada y la alternativa, se realiza un ANOVA sobre el porcentaje de aciertos con Condición (Secuencia vs. Señalización+Secuencia) como factor intersujetos y Secuencia (Entrenada vs. Control) como variable intrasujeto. Los resultados muestran un efecto de Secuencia, $F(1, 46) = 19.84$, $MSE = .034128$, $p < .01$, que indica que los participantes generan correctamente una mayor proporción de ensayos de acuerdo con la secuencia entrenada (.53 vs. .36), coherentemente con la idea de que el conocimiento es explícito (Figura 22). Ni Condición ($F = .08$, $p > .77$), ni la interacción Condición x Secuencia ($F = .14$, $p > .70$) muestran efectos significativos, sugiriendo la ausencia de diferencias entre grupos.

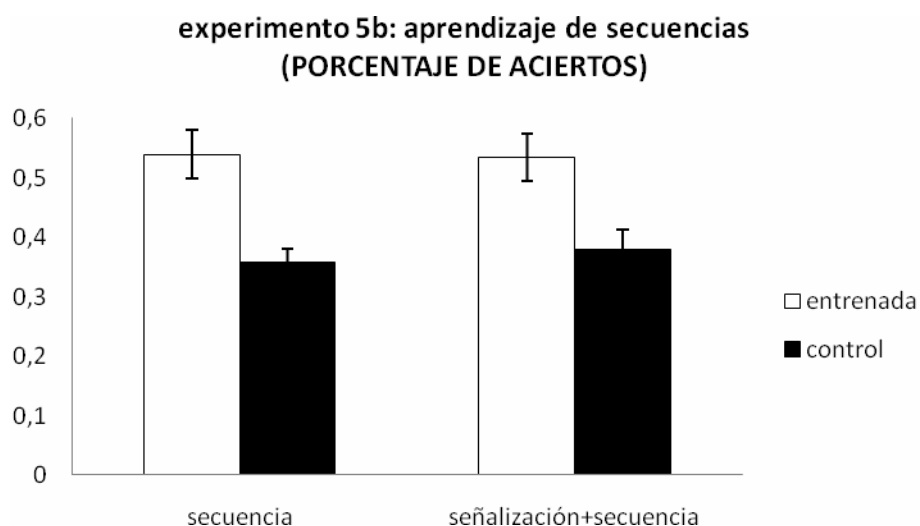


Figura 22. Porcentaje de aciertos en ensayos correspondientes a las secuencias Entrenada y Control en las condiciones Secuencia y Señalización+Secuencia en la tarea de generación en el Experimento 5b. Las barras verticales representan el error estándar.

Discusión

En este experimento se explora de nuevo el efecto de un aprendizaje sobre el otro cuando el conocimiento de la secuencia se hace explícito. Los datos muestran que los participantes aprenden también en esta situación las relaciones contextual y secuencial. Además, cuando se incluye una secuencia híbrida de respuestas que permite anticipar la respuesta correcta en cada ensayo, el aprendizaje de la relación entre las identidades sucesivas se hace explícito y más robusto que el efecto que se observa cuando se establecen secuencias perceptivas relativamente sencillas (Experimento 3) o relaciones motoras de orden 2 (Experimentos 2 y 4). Con respecto al aprendizaje contextual, se observa un efecto implícito que deja de expresarse a medida que el aprendizaje de la secuencia se hace más explícito, pero se recupera cuando no es posible continuar anticipando el siguiente objetivo (durante la prueba), y deja de expresarse de nuevo cuando todos los ensayos se hacen otra vez previsibles: a medida que la relación entre las identidades sucesivas se hace más explícita y los participantes la utilizan deliberadamente para anticipar sus respuestas, se haría menos necesario localizar el objetivo en cada ensayo, lo que favorecería que se redujese la diferencia entre ensayos Fijos y Variables; en cambio, cuando la información secuencial deja de ser válida en todos los ensayos, los participantes deben localizar de nuevo el objetivo en cada ensayo antes de seleccionar la respuesta correcta, propiciando la recuperación del efecto de señalización. Aunque este experimento no permite determinar cuándo se hace explícito el conocimiento, los datos muestran que el aprendizaje de la secuencia no impide el aprendizaje de la relación contextual, mientras que sí parece alterar la expresión del efecto de señalización. Es posible que el aprendizaje explícito de una secuencia motora relativamente sencilla como la usada en este experimento

contribuya a anticipar un componente de la tarea (preparación motora), que en otras circunstancias sólo se iniciaría después de haber localizado el objetivo. En estas circunstancias, si los participantes localizan el objetivo antes de activar la respuesta, tanto las relaciones contexto-objetivo (señalización contextual) como las establecidas sobre la serie de respuestas (aprendizaje de secuencias) producirían una mejora en la ejecución. Sin embargo, si es posible anticipar la siguiente respuesta incluso antes de haber localizado e identificado el objetivo, la diferencia entre ensayos señalados y no señalados desaparecería, con lo que al menos parte del aprendizaje contextual podría verse solapado por el efecto de la secuencia. La posibilidad de que este aprendizaje pueda volver a expresarse en bloques posteriores, cuando la anticipación de la respuesta deja de ser funcional, sugiere que el aprendizaje contextual constituye un proceso robusto que puede mantenerse incluso en condiciones en que se utilice explícitamente una segunda contingencia para anticipar cada respuesta.

7. Discusión general

En esta tesis se explora la relación entre la disponibilidad de recursos cognitivos y la adquisición de aprendizaje implícito a partir de un nuevo procedimiento que integra los paradigmas de aprendizaje de secuencias (Nissen y Bullemer, 1987) y señalización contextual (Chun y Jiang, 1998, 2003). Concretamente, se examina si el aprendizaje implícito de una contingencia afecta al aprendizaje de la otra cuando ambas informan acerca de la misma dimensión del objetivo y cuando la secuencia se establece sobre la serie de respuestas. También se explora el efecto del conocimiento explícito de la secuencia sobre el aprendizaje de la relación contextual.

Para abordar estos objetivos se presentan 5 experimentos. El Experimento 1 muestra que al adaptar la tarea de señalización a una situación más parecida a la que normalmente se utiliza en el paradigma de aprendizaje de secuencias, el hecho de incrementar el número de respuestas, reducir la complejidad de la búsqueda para disminuir el tiempo entre ensayos sucesivos, y hacer la tarea continua eliminando el punto de fijación, no limita el aprendizaje de las relaciones contexto-objetivo.

El segundo experimento indica que en una situación como ésta, la incertidumbre espacial y la carga perceptiva no limitan el aprendizaje implícito de una secuencia condicional de segundo orden que se establece sobre la serie de respuestas, aunque sí afectan al grado de conocimiento explícito que se desarrolla a lo largo de la tarea, que se reduce cuando la incertidumbre o la carga están presentes.

En los tres experimentos siguientes se incluyen ambas relaciones simultáneamente, presentándose en primer lugar en un procedimiento de doble

señal, en donde las dos claves se asocian con un mismo resultado: la posición del objetivo. El Experimento 3 muestra que el aprendizaje de una relación predictiva entre las sucesivas posiciones del objetivo no interfiere con el aprendizaje de la relación contextual, si bien el efecto de aprendizaje de la secuencia perceptiva es débil e inconsistente, sobre todo cuando la presentación es determinista y la evaluación del mismo sólo puede realizarse a través de un único bloque de prueba. En esta situación, ni siquiera los participantes instruídos para buscar la relación secuencial parecen emplear de manera consistente esta relación. En todo caso, el efecto de aprendizaje contextual se refleja en todas las condiciones de manera equivalente, sin que dependa de las instrucciones de búsqueda de una relación secuencial. Cuando la secuencia se establece sobre la serie de respuestas, incluyendo relaciones condicionales más complejas, de orden 2 (Experimento 4), el efecto de aprendizaje de secuencias es mucho más consistente, pero tampoco en esta situación se observa una interferencia entre ambas fuentes de información. En una situación similar (Experimento 5), empleando una secuencia menos compleja (híbrida), sí se observan diferencias entre preparaciones que respetan la secuencia en todos los ensayos y otras que lo hacen sólo de una manera probabilística. En la primera de estas dos situaciones el conocimiento de la secuencia resulta más explícito, y sólo en este caso se observa que el aprendizaje contextual deja de expresarse hacia el final del entrenamiento, a medida que el conocimiento de la secuencia se va haciendo progresivamente más explícito, para recuperarse cuando la información secuencial deja de ser útil para anticipar la siguiente respuesta.

Aprendizaje de secuencias y señalización contextual

En conjunto, los datos que se presentan indican que los participantes detectan y utilizan tanto la información contextual como la proporcionada por la secuencia, en una situación que integra las características fundamentales de los paradigmas de señalización contextual (Chun y Jiang, 1998, 2003) y aprendizaje de secuencias (Nissen y Bullemer, 1987). En cuanto al aprendizaje contextual, el hecho de que se lleve a cabo la búsqueda con eficacia cuando no se inicia de manera homogénea a partir de un punto de fijación, sino que se produce de manera inmediata a partir del ensayo anterior, indica que se trata de un efecto robusto que se puede desarrollar a partir de información local, sin necesidad de considerar inicialmente la información como un todo (e.g., Olson y Chun, 2002; Song y Jiang, 2005). En cuanto al aprendizaje de secuencias que se produce en un entorno de búsqueda como éste, indica que la complejidad de la tarea no parece detraer recursos necesarios para aprender la contingencia. En cuanto a la naturaleza implícita del efecto de aprendizaje que se observa, en ambos casos éste se ajusta a la definición propuesta, lo que refuerza la idea de que ambos procedimientos son adecuados para el estudio del aprendizaje implícito.

Por lo que respecta a la relación entre recursos y aprendizaje, el uso simultáneo de ambas contingencias observado a lo largo de esta serie experimental, tanto cuando las dos claves informan acerca de una misma dimensión como cuando se establecen sobre dimensiones diferentes, parece indicar que ambos procesos de aprendizaje no requieren recursos compartidos, lo que no es consistente con la hipótesis de la dependencia de estos aprendizajes de la disponibilidad de recursos centrales de procesamiento (e.g., Nissen y Bullemer, 1987; Shanks *et al.*, 2005).

En cambio, los resultados de este estudio son consistentes con los de otros trabajos en los que se examina el aprendizaje simultáneo de dos contingencias independientes en situaciones de doble aprendizaje (e.g., Cock, *et al.*, 2002; Mayr, 1996) y doble señal (e.g., Cleeremans, 1997). En estas investigaciones se plantea que si la adquisición de un aprendizaje depende de un conjunto limitado de recursos centrales de procesamiento, entonces la adquisición simultánea de dos contingencias predictivas debería limitar el resultado observado en cada uno de ellos por separado. Como se observa en trabajos como el realizado por Mayr (1996), en el que los participantes utilizan dos relaciones independientes sin que el aprendizaje de una elimine el aprendizaje de la otra, en este estudio los participantes aprenden las relaciones contextual y secuencial sin que el efecto que produce cada una de ellas disminuya cuando se presentan en la misma tarea.

Los resultados de esta serie experimental también permiten matizar las propuestas que concluyen que, en una situación de doble aprendizaje, no pueden aprenderse simultáneamente dos contingencias cuando no existe una relación entre ellas o no es posible integrarlas (e.g., Buchner y Steffens, 2001; Shin e Ivry, 2002): los experimentos que se presentan muestran aprendizaje de dos contingencias (contextual y secuencial) en una situación en la que ambas no se relacionan durante la tarea, cuando además la relación contexto-objetivo no se respeta en cada ensayo. Los experimentos que se incluyen en esta tesis también amplían las conclusiones de trabajos anteriores en los que se utiliza un procedimiento de doble señal, que muestran que además de aprender acerca de una secuencia, los participantes utilizan la información proporcionada por una segunda señal (e.g., Cleeremans, 1997): en una preparación similar, es posible aprender acerca de dos

relaciones que informan acerca de la misma dimensión del objetivo incluso cuando ninguna de ellas se establece sobre la serie de respuestas.

La única situación en la que una de las contingencias afecta a la otra se observa cuando el conocimiento de una secuencia de respuestas se hace explícito: en este caso los datos indican que el beneficio que produce la relación contextual deja de expresarse a medida que el aprendizaje de la secuencia se va haciendo progresivamente más explícito. Durante el entrenamiento los participantes utilizarían la información proporcionada por la secuencia para anticipar la siguiente respuesta, y dejarían de localizar el objetivo en cada ensayo, reduciendo la diferencia entre ensayos Fijos y Variables. El hecho de que el efecto de señalización se recupere cuando la secuencia deja de ser útil en todos los ensayos sugiere que probablemente la relación contexto-objetivo se ha aprendido durante las primeras etapas del entrenamiento, antes de que el aprendizaje de secuencias se haga explícito, lo que sería consistente con la idea de que el efecto de señalización se desarrolla muy temprano (e.g., Chun y Jiang, 1998).

En esta serie también se observa que la relación contexto-objetivo da lugar a una diferencia entre los ensayos señalados y no señalados que, una vez se desarrolla, se estabiliza y no crece gradualmente a medida que se practica con la tarea. Es posible que la contingencia contextual tenga que ver con la adquisición de una plantilla o con el aprendizaje episódico de una serie de configuraciones que, una vez almacenadas, permiten mejorar la ejecución, sin que el aumento de la práctica con ellas produzca necesariamente un incremento en el efecto. El tipo de evaluación del efecto de señalización que realizan Chun y Jiang (1998) es consistente con la idea de que no es esperable un aumento progresivo de la diferencia entre ensayos Fijos y Variables a lo largo del entrenamiento ya que, en

lugar de examinar la evolución del efecto a lo largo de toda la práctica, estos autores analizan la diferencia entre ensayos Fijos y Variables comparando los primeros y los últimos bloques de entrenamiento.

Para tratar de explicar el patrón que se observa en las investigaciones en las que se encuentra que el aprendizaje de una contingencia no se ve afectado por la adquisición simultánea de una segunda relación, Shanks *et al.* (2005) plantean que en estas situaciones podrían estar combinándose efectos de interferencia y de potenciación de un aprendizaje sobre el otro (e.g., Batsell, 2000): según esta explicación, el coste que se deriva del hecho de que cada contingencia detraiga cierta cantidad de recursos se vería compensado por la presentación conjunta de las dos relaciones, que provocaría que los participantes aprendan más acerca de cada una. Sin embargo, aunque desde el punto de vista conceptual esta hipótesis podría resultar adecuada para dar cuenta de los resultados, resulta poco parsimoniosa, al postular la existencia de dos efectos contrapuestos para explicar la ausencia de un efecto, y no dispone de evidencia empírica que la sustente. Por un lado, la mayor parte de los estudios sobre potenciación proceden de la investigación sobre aprendizaje animal, y no se han concretado en preparaciones de aprendizaje humano. Por otro, este efecto se ha estudiado sobre todo en condiciones aversivas, y preferentemente con estímulos gustativos (e.g., sabores y olores), por lo que no existen razones para postular su aplicación directa a las situaciones investigadas.

Dos propuestas plausibles relativas a los mecanismos de aprendizaje responsables del patrón que se observa en esta situación se encuentran en los trabajos realizados por Mayr (1996) y Keele *et al.* (2003). En el estudio realizado por Mayr (1996) se plantea que el aprendizaje de dos contingencias se puede

producir como resultado de la existencia de dos mecanismos de aprendizaje independientes. Uno sería de tipo espacial (relacionado con el procesamiento del ‘dónde’) y otro sería no-espacial (relacionado con el procesamiento de la identidad y la respuesta: ‘qué’), de modo que cada uno de ellos se encargaría de codificar un tipo de información. En su estudio, Mayr (1996) deja abierta la cuestión relativa a la posibilidad de aprender de forma implícita dos relaciones que se establecen sobre una misma dimensión: en este sentido, los resultados que se presentan en esta tesis indican que los participantes podrían aprender dos relaciones simultáneamente incluso cuando ambas se establecen sobre la misma dimensión, sin que el conocimiento llegue a hacerse explícito. Este planteamiento reforzaría la idea de que el aprendizaje conjunto de dos relaciones espaciales no depende de un conjunto limitado de recursos, pues además de implicar el mismo mecanismo, se produciría sin que la adquisición de una contingencia limite el aprendizaje de la otra. Serán necesarias nuevas investigaciones para examinar si el mecanismo no-espacial también presenta esta propiedad.

En el modelo propuesto por Keele *et al.* (2003) también se plantea la existencia de dos mecanismos de aprendizaje independientes: el sistema atencional, que estaría relacionado con el córtex prefrontal y un conjunto de áreas más ventrales, y el sistema no-atencional, que se relacionaría con la corteza parietal y el área motora suplementaria. Desde el punto de vista del tipo de información que codifica cada uno de ellos, estos autores plantean que el sistema no-atencional es unidimensional (codificaría relaciones a lo largo de una única dimensión) y actúa sobre estímulos no categorizados o escasamente interpretados. El sistema atencional, en cambio, podría captar tanto relaciones unidimensionales como multidimensionales y además sería el encargado de asociar estímulos ya

categorizados. En el modelo también se señala que la mayor flexibilidad del sistema atencional podría producir una desorganización o interferencia en el aprendizaje dependiendo del grado de relación entre las señales, cuando el sistema atiende a contingencias independientes establecidas sobre dimensiones diferentes. El sistema no-atencional, en cambio, sería menos flexible y podría detectar relaciones existentes en una única dimensión, aún en el caso de atender simultáneamente a varias fuentes de información no relacionadas. Con respecto al carácter más o menos explícito del conocimiento, los autores proponen que únicamente las relaciones captadas por el sistema atencional podrían hacerse explícitas. Plantean que ambos sistemas pueden operar en paralelo y que el sistema multidimensional siempre está operativo. Una predicción que se puede realizar desde este modelo es que sería menos complicado aprender acerca de una dimensión en la que se establece una única contingencia, que acerca de varias dimensiones en cada una de las cuales se establece una regularidad, máxime cuando las contingencias no estén relacionadas, ya que en esta última situación el aprendizaje podría desorganizarse. Sin embargo, un aspecto que no está claramente definido en el modelo es qué se entiende por dimensión: Keele *et al.* (2003) indican que este término puede identificarse tanto con el concepto de modalidad (e.g., visual, auditiva), como con los diferentes atributos de los estímulos (e.g., forma, posición). Desde este punto de vista puede plantearse que en el estudio que se presenta en este trabajo los participantes aprenden acerca de dos relaciones que tienen que ver con una misma dimensión (espacial, en la situación de doble señal), o bien que se produce simultáneamente un aprendizaje unidimensional junto a uno multidimensional: el aprendizaje de secuencias implicaría relaciones unidimensionales (posición-posición en las situaciones de

doble señal, e identidad-identidad en las de doble aprendizaje), y el aprendizaje contextual implicaría fundamentalmente relaciones multidimensionales (vinculando las posiciones de los distractores con la del objetivo, o bien la localización de éste con otras características del contexto, como la identidad o el color). A partir de la caracterización más concreta del concepto de dimensión, los resultados de este estudio indican que es posible aprender acerca de dos contingencias que informan sobre una misma dimensión o sobre dimensiones diferentes, a partir de señales que pueden pertenecer o no a la misma dimensión. Aunque el modelo que desarrollan Keele *et al.* (2003) trata de explicar fundamentalmente el aprendizaje de secuencias de tipo motor, sería interesante tratar de establecer una analogía que permitiese abordar un análisis del aprendizaje intra- e inter-dimensional en el aprendizaje de regularidades perceptivas.

En cuanto a los sustratos neurales del aprendizaje contextual, trabajos como los realizados por Chun y Phelps (1999) y Chun (2000) refuerzan la idea de que los mecanismos responsables del aprendizaje secuencial y contextual se integran en circuitos diferentes. Estudios realizados con imagen funcional muestran que el hipocampo y estructuras vecinas del lóbulo temporal medial (i.e., sistema hipocampal) serían los principales responsables del efecto de señalización. Concretamente, Chun (2000) indica que el córtex perirrinal sería relevante para el reconocimiento visual y también para la asociación de objetos, mientras que el córtex hipocampal sería el encargado de codificar la distribución perceptiva de las escenas.

Finalmente, con relación al aprendizaje de secuencias perceptivas, este estudio muestra de nuevo un efecto débil e inconsistente, lo que es coherente con los estudios en los que se plantea que el principal componente implicado en este

aprendizaje sería de tipo motor (e.g., Hoffmann *et al.*, 2003). En todo caso, el hecho de que en la misma situación se aprenda, además de la contingencia contextual, una secuencia motora o una secuencia perceptiva, no es consistente con la idea de que el aprendizaje de secuencias perceptivas depende de su integración con una contingencia motora (e.g., Deroost y Soetens, 2006a). En cambio, los resultados sí son consistentes con la perspectiva de aprendizaje perceptivo-motor (e.g., Deroost y Soetens, 2006a) y también con los estudios que señalan que no es necesaria la presencia de relaciones motoras para aprender una contingencia perceptiva (e.g., Remillard, 2003). Respecto de las consideraciones señaladas por Deroost y Soetens (2006a) y Remillard (2003) relativas a la exploración del componente perceptivo del aprendizaje de secuencias, si bien los resultados están en línea con la idea de que el aprendizaje de estas relaciones se produce en condiciones muy restrictivas, este estudio constituye uno de los pocos trabajos en los que se han observado estos efectos en una situación que sólo incluye relaciones perceptivas.

Aún así, este diseño no permite aclarar por qué el aprendizaje de relaciones perceptivas resulta tan inestable. Aunque podría no ser necesaria la presencia de una relación motora para que se aprenda una secuencia perceptiva, es posible su presencia proporcione cierto apoyo para que éste tenga lugar (Dennis *et al.*, 2006). Para explorar esta posibilidad será necesario plantear nuevas situaciones en las que se presente junto a la secuencia perceptiva, una relación motora (bien contextual o bien secuencial). Alternativamente, el aprendizaje perceptivo podría verse afectado por un problema de incompatibilidad entre la posición del estímulo y la posición de la respuesta (e.g., Deroost y Soetens, 2006c; Wühr, 2006). En una situación como la que se utiliza en esta serie, es probable que nuestro sistema

codifique automáticamente las posiciones de los estímulos, independientemente de que éstas sean o no relevantes para la tarea. Si estas posiciones preactivan de manera automática las respuestas espacialmente compatibles, podría producirse un conflicto puntual entre las posiciones preactivadas y aquellas en las que, en función de la identidad del estímulo, debería emitirse la respuesta. Para evitar este efecto el sistema cognitivo podría poner en marcha una serie de mecanismos de control que, eventualmente, podrían afectar a los efectos de aprendizaje de cualquier secuencia perceptiva. Aunque los análisis indican que la incompatibilidad espacial parece no afectar diferencialmente a ensayos previsibles y no previsibles, es posible que a lo largo del entrenamiento los participantes noten que sus tendencias automáticas de respuesta, forzadas en parte por el citado efecto de compatibilidad espacial, no facilitan la ejecución, y traten de neutralizar activamente esas tendencias, bien ignorando las posiciones de los estímulos, o bien tratando de no dejarse llevar por ellas, incluso en condiciones en las que se les ha instruido para usarlas como un posible predictor de la siguiente localización del estímulo. Serán necesarios nuevos trabajos para explorar la influencia de la compatibilidad entre las posiciones de los estímulos y de las respuestas en el aprendizaje de una secuencia perceptiva de posiciones. En todo caso, los datos que se presentan indican que aún cuando el aprendizaje de secuencias perceptivas produce un efecto débil e inconsistente, los participantes aprenden también acerca de la contingencia contextual sin que el aprendizaje de una relación afecte al aprendizaje de la otra en una tarea en la que las fuentes de información no tienen que ver con las respuestas.

8. Conclusiones

Considerando globalmente los experimentos que se incluyen en este estudio es posible plantear las siguientes conclusiones:

-Con respecto al debate relativo a la relación entre recursos y aprendizaje se observa que, en general, las contingencias contextual y secuencial se aprenden sin que la adquisición de una impida el aprendizaje de la otra.

-En cuanto a la cuestión relativa a la naturaleza de los componentes implicados en el aprendizaje de secuencias, se observa que las relaciones perceptivas producen un efecto menos consistente que las secuencias motoras, que tiende a no utilizarse cuando se requieren respuestas rápidas. Además, este aprendizaje sólo se hace explícito en condiciones intencionales, y aún así el conocimiento resulta difícilmente expresable, manifestándose únicamente cuando se retiran del entorno de prueba los aspectos accesorios.

-Por lo que respecta al efecto del conocimiento explícito sobre el aprendizaje contextual, éste no parece verse afectado por el conocimiento de una secuencia perceptiva, y sólo la adquisición explícita de una secuencia motora completamente previsible limita su expresión.

A partir de este conjunto de resultados, surgen nuevas cuestiones, relacionadas con el análisis del efecto de señalización, las propiedades definitorias del aprendizaje de secuencias, las condiciones en las que éste tiene lugar o los mecanismos responsables:

-Un paso adelante en el estudio de la relación entre recursos y aprendizaje: además de explorar el efecto de un aprendizaje sobre el otro estableciendo dos

contingencias perceptivas, o incluyendo una secuencia de respuestas junto al aprendizaje contextual, este procedimiento permite explorar esta cuestión en una situación en la que 1) ambas contingencias sean motoras, o 2) se incluya una secuencia perceptiva junto a una relación contextual que informe sobre la respuesta correcta. Datos preliminares sobre la primera de estas cuestiones muestran que es posible obtener efectos de aprendizaje contextual cuando la tarea requiere responder a la posición del objetivo, en lugar de a su identidad. En cambio, el aprendizaje de una secuencia de posiciones sigue siendo difícil de obtener incluso cuando se pide a los participantes que respondan a esas posiciones. Es posible que atender a la posición sea una condición necesaria pero no suficiente para aprender una secuencia de localizaciones en una tarea de búsqueda, aún cuando la posición sea la única dimensión relevante para anticipar la siguiente respuesta (e.g., Deroost y Soetens, 2006b; Kasten y Navon, 2008). En todo caso, antes de presentar una situación de doble aprendizaje que incluya dos relaciones motoras, es necesario clarificar qué ocurre en esta situación.

-Aprendizaje explícito de secuencias y señalización contextual: los datos muestran que el conocimiento explícito de una relación motora afecta a la expresión del aprendizaje contextual, pero cabe preguntarse qué ocurriría si los participantes dispusieran de información explícita al inicio del entrenamiento, o si ocurriría lo mismo cuando la secuencia se establece en la serie de posiciones en lugar de en las identidades del objetivo. Esta cuestión podría aportar información sobre el papel de la atención en el aprendizaje contextual perceptivo, y sobre las condiciones en que puede hacerse explícito el aprendizaje de una secuencia en una tarea de búsqueda.

-Sinergia vs. competición: en términos generales se puede hablar de sinergia cuando un aprendizaje crece en presencia de otro. Aunque se trata de un efecto poco explorado, en algunos estudios sobre aprendizaje de secuencias se observan indicios de este fenómeno en situaciones de doble aprendizaje y doble señal, que incluyen una relación motora y una perceptiva (e.g., Jiménez, 2004; Mayr, 1996; Shin e Ivry, 2002). Un modo de explorar si el efecto se debe a la integración de las características motoras y perceptivas de las relaciones (Deroost y Soetens, 2006a), pasaría por evaluar el aprendizaje incluyendo una fase de prueba en la que se elimine selectivamente una de las contingencias. Alternativamente, para examinar si el efecto de sinergia puede deberse a la combinación de un efecto de potenciación y uno de interferencia (Shanks *et al.*, 2005), podría compararse una situación de doble aprendizaje con una de doble señal: de producirse una competición entre los aprendizajes, podría esperarse que el efecto fuese menor cuando las relaciones informan sobre dimensiones diferentes.

-Evaluación del aprendizaje explícito de secuencias: diversos análisis suplementarios a los incluidos en este informe han mostrado que cuando las secuencias son motoras, sólo en los grupos en los que el aprendizaje es explícito se observa un empeoramiento significativo de la ejecución en los ensayos Secuenciales que se incluyen durante la fase de prueba, en comparación con las respuestas que se dan a estos ensayos en los bloques adyacentes. Esta tendencia, que ha sido asociada con el descubrimiento consciente de la producción de un cambio en la validez de la secuencia (Jiménez, Vaquero y Lupiáñez, 2006) puede ser útil para desarrollar una medida indirecta del grado en que el conocimiento obtenido en estas situaciones es explícito.

-Compatibilidad estímulo-respuesta: para responder en los ensayos incompatibles, los participantes deben contrarrestar tendencias automáticas que preparan la respuesta correspondiente al mismo lado en que se presenta el estímulo. Una posibilidad para explorar el papel de la compatibilidad pasaría por solicitar a los participantes respuestas vocales, que no se ven afectadas por este efecto (e.g., Deroost y Soetens, 2006c; Wühr, 2006; Zirngibl y Koch, 2002).

-Otras cuestiones a las que enfrentarse en próximos estudios tienen que ver con la influencia de material significativo o de contenido emocional sobre la adquisición y expresión del aprendizaje contextual (e.g., Brockmole, Hambrick, Windisch y Henderson, 2008) y secuencial (e.g., Goschke y Bolte, 2007), los efectos secuenciales en el aprendizaje de secuencias (e.g., Soetens *et al.*, 2004), o el papel de las diferencias individuales en el aprendizaje (e.g., Gebauer y Mackintosh, 2007).

9. Referencias

- Abrahamse, EL, Verwey, WB (2008). Context dependent learning in the serial RT task. *Psychological Research*, 72, 397-404.
- Batsell, WR (2000). Augmentation: synergistic conditioning in taste-aversion learning. *Current Directions in Psychological Science*, 9, 164-168.
- Berner, MP, Hoffmann, J (2008). Effector-related sequence learning in a bimanual-bisequential serial reaction time task. *Psychological Research*, 72, 138-154.
- Berry, DC (1994). Implicit learning: twenty-five years on. A tutorial. En C Umiltà y M Moscovitch (Eds), *Attention and Performance XV: Conscious and non-conscious information processing* (pp.755-782). Cambridge: MIT Press.
- Berry, DC (1997). How implicit is implicit learning?. Oxford: Oxford University Press.
- Berry, DC, Broadbent, DE (1984). On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 209-231.
- Berry, DC, Broadbent, DE (1987). The combination of explicit and implicit learning processes in task control. *Psychological Research*, 49, 7-15.
- Berry, DC, Broadbent, DE (1988). Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. *British Journal of Psychology*, 79, 251-272.
- Berry, DC, Dienes, Z (1993). *Implicit learning: theoretical and empirical issues*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Biederman, I (1972). Perceiving real-world scenes. *Science*, 177, 77-80.
- Boyer, M, Destrebecqz, A, Cleeremans, A (1998). The serial reaction time task: learning without knowing, or knowing without learning?. En *Proceedings of the 20th Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (pp. 167-172). NJ: Erlbaum.
- Broadbent, DE, Aston, B (1978). Human control of a simulated economic system. *Ergonomics*, 21, 1035-1043.
- Broadbent, DE, Fitzgerald, P, Broadbent, MHP (1986). Implicit and explicit knowledge in the control of complex systems. *British Journal of Psychology*, 77, 33-50.
- Brockmole, JR, Castelano, MS, Henderson, JM (2006). Contextual cueing in naturalistic scenes: global and local contexts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 699-706.
- Brockmole, JR, Hambrick, DZ, Windisch, DJ, Henderson, JM (2008). The role of meaning in contextual cueing: evidence from chess expertise. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*,

<http://dx.doi.org/10.1080/17470210701781155>, doi:10.1080/17470210701781155.

- Brockmole, JR, Henderson, JM (2006). Using real-world scenes as contextual cues for search. *Visual Cognition*, 13, 99-108.
- Buchner, A, Frensch, PA (1997). Sequence learning: phenomena and models. *Psychological Research*, 60, 1-3.
- Buchner, A, Steffens, MC (2001). Simultaneous learning of different regularities in sequence learning tasks: limits and characteristics. *Psychological Research*, 65, 71-80.
- Chun, MM (2000). Contextual cueing of visual attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 170-178.
- Chun, MM, Jiang, YV (1998). Contextual cueing: implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive Psychology*, 36, 28-71.
- Chun, MM, Jiang, YV (1999). Top-down attentional guidance based on implicit learning of visual covariation. *Psychological Science*, 10, 360-365.
- Chun, MM, Jiang, YV (2003). Implicit, long-term spatial contextual memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 224-234.
- Chun, MM, Phelps, EA (1999). Memory deficits for implicit contextual information in amnesic subjects with hippocampal damage. *Nature Neuroscience*, 2, 844-847.
- Cleeremans, A (1993). *Mechanisms of implicit learning: connectionist models of sequence processing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Cleeremans, A (1995). Implicit learning in the presence of multiple cues. En *Proceedings of the 17th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 298-303). NJ: Erlbaum.
- Cleeremans, A (1997). Sequence learning in a dual-stimulus setting. *Psychological Research*, 60, 72-86.
- Cleeremans, A, Destrebecqz, A, Boyer, M (1998). Implicit learning: news from the front. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 406-416.
- Cleeremans, A, Jiménez, L (1998). Implicit sequence learning: the truth is in the details. En MA Stadler y PA Frensch (Eds), *Handbook of Implicit Learning* (pp. 323-364). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Cleeremans, A, McClelland, JL (1991). Learning the structure of event sequences. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 235-253.
- Cleeremans, A, Sarrazin, JC (2007). Time, action, and consciousness. *Human Movement Science*, 26, 180-202.
- Clegg, BA, DiGirolamo, GJ, Keele, SW (1998). Sequence learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 275-281.

- Cock, JJ, Berry, DC, Buchner, A (2002). Negative priming and sequence learning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 14, 24-48.
- Cock, JJ, Meier, B (2007). Incidental task sequence learning: perceptual rather than conceptual?. *Psychological Research*, 71, 140-151.
- Cohen, A, Ivry, RI, Keele, SW (1990). Attention and structure in sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 17-30.
- Cohen, A, Wasserman, A, Soroker, N (1997). Learning spatial sequences in unilateral neglect. *Psychological Research*, 60, 42-52.
- Crawford, LE, Cacioppo, JT (2002). Learning where to look for danger: integrating affective and spatial information. *Psychological Science*, 13, 449-453.
- Curran, T, Keele, SW (1993). Attentional and nonattentional forms of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 189-202.
- Czyzewska, MA (2001). Implicit learning: theoretical and methodological controversies. *Polish Psychological Bulletin*, 32, 45-52.
- Dennis, NA, Howard, JHJr, Howard, DV (2006). Implicit sequence learning without motor sequencing in young and old adults. *Experimental Brain Research*, 175, 153-164.
- Deroost, N, Soetens, E (2006a). Perceptual or motor learning in SRT tasks with complex sequence structures. *Psychological Research*, 70, 88-102.
- Deroost, N, Soetens, E (2006b). Spatial processing and perceptual sequence learning in SRT tasks. *Experimental Psychology*, 53, 16-30.
- Deroost, N, Soetens, E (2006c). The role of response selection in sequence learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 449-456.
- Deroost, N, Zeischka, P, Soetens, E (2008). Negative priming in the SRT task: learning of irrelevant sequences is enhanced by concurrent learning of relevant sequences. *European Journal of Cognitive Psychology*, 20(1), 47-68.
- Destrebecqz, A, Cleeremans, A (2001). Can sequence learning be implicit? New evidence with the process dissociation procedure. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 343-350.
- Destrebecqz, A, Cleeremans, A (2003). Temporal effects in sequence learning. En L Jiménez (Ed), *Attention and Implicit Learning* (pp. 181-213). Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Dienes, Z (1993). Implicit concept formation. En DC Berry y Z Dienes (Eds), *Implicit Learning: Theoretical and empirical issues* (pp. 37-61). Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.

- Dienes, Z, Altmann, G (1997). Transfer of implicit knowledge across domains: How implicit and how abstract?. En DC Berry (Ed), *How implicit is implicit learning?* (pp. 107-123). Oxford: Oxford University Press.
- Dienes, Z, Berry, DC (1994). *Implicit learning: theoretical and empirical issues*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dienes, Z, Perner, J (2002). The implicit nature of implicit learning. En RM French y A Cleeremans (Eds), *Implicit Learning and Consciousness: An Empirical, Computational and Philosophical Consensus in the Making?* (pp. 6892). Hove, UK: Psychology Press.
- Elman, JL (1990). Finding structure in time. *Cognitive Science*, 14, 179-211.
- Endo, N, Takeda, Y (2002). Interaction between object cueing and spatial cueing in visual search. *Technical Report on Attention and Cognition*, 6, 1-4.
- Endo, N, Takeda, Y (2004). Selective learning of spatial configuration and object identity in visual search. *Perception & Psychophysics*, 66, 293-302.
- Endo, N, Takeda, Y (2005). Use of spatial context is restricted by relative position in implicit learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 880-885.
- Ferrer-Gil, E (1994). La unidad de aprendizaje en procesamiento no consciente. Un análisis experimental. *Psicologemas*, 7, 195-217.
- Fiser, J, Aslin, RN (2001). Unsupervised statistical learning of higher-order spatial structures from visual scenes. *Psychological Science*, 12, 499-504.
- Fiser, J, Aslin, RN (2002). Statistical learning of higher-order temporal structure from visual shape sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 458-467.
- French, RM, Cleeremans, A (2002). *Implicit learning: an empirical, philosophical and computational consensus in the making*. Hove, UK: Psychology Press.
- Frensch, PA (1998). One concept, multiple meanings: on how to define the concept of implicit learning. En MA Stadler y PA Frensch (Eds), *Handbook of Implicit Learning* (pp. 47-104). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Frensch, PA, Buchner, A, Lin, J (1994). Implicit learning of unique and ambiguous serial transitions in the presence and absence of a distractor task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 567-584.
- Frensch, PA, Lin, J, Buchner, A (1998). Learning versus behavioral expression of the learned: the effects of a secondary tone-counting task on implicit learning in the serial reaction time task. *Psychological Research*, 61, 83-98.

- Frensch, PA, Wenke, D, R nger, D (1999). A secondary tone-counting task suppresses expression of knowledge in the serial reaction task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 260-274.
- Gebauer, GF, y Mackintosh, NJ (2007). Psychometric intelligence dissociates implicit and explicit learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33, 34-54.
- Goschke, T (1998). Implicit learning of perceptual and motor sequences. En MA Stadler y PA Frensch (Eds), *Handbook of Implicit Learning* (pp. 401-444). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Goschke, T, Bolte, A (2007). Implicit learning of semantic category sequences: response-independent acquisition of abstract sequential regularities. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33, 394-406.
- Goujon, A, Didierjean, A, Marm che, E (2007). Contextual cueing based on specific and categorial properties of the environment. *Visual Cognition*, 15, 257-275.
- Hayes, NA, Broadbent, DE (1988). Two modes of learning for interactive tasks. *Cognition*, 28, 249-276.
- Hazeltine, E, Ivry, R (2003). Neural structures that support implicit sequence learning. En L Jiménez (Ed), *Attention and Implicit Learning* (pp. 71-107). Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Hoffmann, J, Koch, I (1998). Implicit learning of loosely defined structures. En MA Stadler y PA Frensch (Eds), *Handbook of Implicit Learning* (pp. 161-199). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Hoffmann, J, Martin, C, Schilling, A (2003). Unique transitions between stimuli and responses in SRT tasks: evidence for the primacy of response predictions. *Psychological Research*, 67, 160-173.
- Hoffmann, J, Sebold, A, Stöcker, C (2001). Irrelevant response effects improve serial learning in serial reaction time tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 470-482.
- Howard, JHJr, Mutter, SA, Howard, DV (1992). Serial pattern learning by event observation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 1029-1039.
- Hsiao, AT, Reber, AS (1998). The role of attention in implicit sequence learning: exploring the limits of the cognitive unconscious. En MA Stadler y PA Frensch (Eds), *Handbook of Implicit Learning* (pp. 471-494). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Huang, L (2006). Contextual cueing based on spatial arrangement of color. *Perception & Psychophysics*, 68, 792-799.
- Hunt, RH, Aslin, RN (2001). Statistical learning in a serial reaction time task: access to separable statistical cues by individual learners. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 658-680.

- Inquisit (Version 1.33) [Computer program]*. (2004). Seattle, WA (<http://www.millisecond.com>): Millisecond Software.
- Jiang, YV, Chun, MM (2001). Selective attention modulates implicit learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 1105-1124.
- Jiang, YV, Chun, MM (2003). Contextual cueing: reciprocal influences between attention and implicit learning. En L Jiménez (Ed), *Attention and Implicit Learning* (pp. 277-296). Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Jiang, YV, King, LW, Shim, WM, Vickery, TJ (2006). Visual implicit learning overcomes limits in human attention. *Proceedings in 25th ArmyScience Conference*.
- Jiang YV, Leung, AW (2005). Implicit learning of ignored visual context. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 100-106.
- Jiang, YV, Leung, AW, Burks, S (2004). Sources of individual differences in spatial context learning. *Manuscrito no publicado*.
- Jiang YV, Song JH (2005a). Hyper-specificity in visual implicit learning: learning of spatial layout is contingent on item identity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 31(6), 1439-1448.
- Jiang YV, Song JH (2005b). Spatial context learning in visual search and change detection. *Perception & Psychophysics*, 67(7), 1128-1139.
- Jiang YV, Song JH, Rigas, A (2005). High-capacity spatial contextual memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(3), 524-529.
- Jiang YV, Wagner LC (2004). What is learned in spatial contextual cueing: configuration or individual locations? *Perception & Psychophysics*, 66, 454-463.
- Jiménez, L (1996). Aprendizaje secuencial: modelos de reglas versus modelos conexionistas. *Cognitiva*, (8) 2, 235-255.
- Jiménez, L (2003). Intention, attention, and consciousness in probabilistic sequence learning. En L Jiménez (Ed), *Attention and Implicit Learning* (pp. 4368). Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Jiménez, L (2004). Aprendizaje sobre una dimension irrelevante: ¿sinergias en el aprendizaje implícito de secuencias?. En JJ Ortells, C Noguera, E Carmona y MT Daza (Eds), *La Atención (III). Un enfoque pluridisciplinar* (pp. 123-143). Valencia: Promolibro.
- Jiménez, L, Méndez, C (1999). Which attention is needed for implicit sequence learning?. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 236-259.
- Jiménez, L, Méndez, C (2001). Implicit sequence learning with competing explicit cues. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 345-369.

- Jiménez, L, Méndez, C, Cleeremans, A (1996a). Comparing direct and indirect measures of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 948-969.
- Jiménez, L, Méndez, C, Lorda, MJ (1994). Aprendizaje implícito: tres aproximaciones a la cuestión del aprendizaje sin conciencia. *Estudios de Psicología*, 51, 99-126.
- Jiménez, L, Vaquero JMM, Lupiáñez, J (2006). Qualitative differences between implicit and explicit sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 475-490.
- Jiménez, L, Vázquez, GA (2005). Sequence learning under dual-task conditions: alternatives to a resource-based account. *Psychological Research*, 69, 352-368.
- Jiménez, L, Vázquez, GA (2007). Implicit sequence learning in a search task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*,
<http://dx.doi.org/10.1080/17470210701695801>, doi:10.1080/17470210701695801.
- Jungé, JA, Scholl, BJ, Chun, MM (2007). How is spatial context learning integrated over signal versus noise? A primacy effect in contextual cueing. *Visual Cognition*, 15, 1-11.
- Kasten, R, Navon, D (2008). Is location cueing inherently superior to color cueing? Not if color is presented early enough. *Acta Psychologica*, 127, 89-102.
- Kawahara, JI (2007). Auditory-visual contextual cueing effect. *Perception & Psychophysics*, 69, 1399-1408.
- Keele, SW, Ivry, R, Mayr, U, Hazeltine, E, Heuer, H (2003). The cognitive and neural architecture of sequence representation. *Psychological Review*, 110, 316-339.
- Kelly, SW, Burton, AM (2001). Learning complex sequences: no role for observation?. *Psychological Research*, 65, 15-23.
- Koch, I (2007). Anticipatory response control in motor sequence learning: evidence from stimulus-response compatibility. *Human Movement Science*, 26, 257-274.
- Kunar, MA, Flusberg, SJ, Wolfe, JM (2006). Contextual cueing by global features. *Perception & Psychophysics*, 68, 1204-1216.
- Kunde, W, Stöcker, C (2002). A simon effect for stimulus-response duration. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55A, 581-592.
- Lewicki, P, Czyzewska, M, Hoffman, H (1987). Unconscious acquisition of complex procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 523-530.
- Lewicki, P, Hill, T, Bizot, E (1988). Acquisition of procedural knowledge about a pattern of stimuli that cannot be articulated. *Cognitive Psychology*, 20, 24-37.

- Mathews, RC, Buss, RR, Stanley, WB, Blanchard-Fields, F, Cho, JR, Druhan, B (1989). Role of implicit and explicit processes in learning from examples: a synergistic effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1083-1100.
- Mattes, S, Leuthold, H, Ulrich, R (2002). Stimulus-response compatibility in intensity-force relations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55A, 1175-1191.
- Mayr, U (1996). Spatial attention and implicit sequence learning: evidence for independent learning of spatial and nonspatial sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 350-364.
- McClelland, JL, Rumelhart, DE (1988). *Explorations in Parallel Distributed Processing: A Handbook of Models, Programs and Exercises*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Miyawaki, K (2006). The influence of the response-stimulus interval on implicit and explicit learning of stimulus sequence. *Psychological Research*, 70, 262-272.
- Nisbett, RE, Wilson, TD (1977). Telling more than we can know: verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 84, 231-259.
- Nissen, MJ, Bullemer, P (1987). Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- Olson, IR, Chun, MM (2001). Temporal contextual cueing of visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 1299-1313.
- Olson, IR, Chun, MM (2002). Perceptual constraints on implicit learning of spatial context. *Visual Cognition*, 9, 273-302.
- Ono, F, Jiang, YV, Kawahara, J (2005). Inter-trial contextual cueing: association across successive visual search trials guides spatial attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 31(4), 703-712.
- Perlman, A, Tzelgov, J (2006). Interactions between encoding and retrieval in the domain of sequence-learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 118-130.
- Perruchet, P, Amorim, PA (1992). Conscious knowledge and changes in performance in sequence learning: evidence against dissociation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 785-800.
- Perruchet, P, Bigand, E, Benoit-Gonin, F (1997). The emergence of explicit knowledge during the early phase of learning in sequential reaction time tasks. *Psychological Research*, 60, 4-13.
- Perruchet, P, Gallego, J, Savy, I (1990). A critical reappraisal of the evidence for unconscious abstraction of deterministic rules in complex experimental situations. *Cognitive Psychology*, 22, 493-516.

- Perruchet, P, Pacteau, C (1990). Synthetic grammar learning: implicit rule abstraction or explicit fragmentary knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119, 264-275.
- Perruchet, P, Pacteau, C (1991). The implicit acquisition of abstract knowledge about artificial grammar: some methodological and conceptual issues. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 112-116.
- Posner, MI, Snyder, CRR (1975). Attention and cognitive control. En RL Solso (Ed), *Information processing and cognition: The Loyola Symposium* (pp. 55-85). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Proctor, RW, Wang, H, Vu, K-PL (2002). Influences of different combinations of conceptual, perceptual, and structural similarity on stimulus-response compatibility. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 55A, 59-74.
- Rah, S, Reber, AS, Hsiao, AT (2000). Another wrinkle on the dual-task SRT experiment: it's probably not dual-task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7, 309-313.
- Rausei, V, Makovski, T, Jiang, YV (2007). Attention dependency in implicit learning of repeated search context. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60, 1321-1328.
- Reber, AS (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 855-863.
- Reber, AS (1989a). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 219-235.
- Reber, AS (1989b). More thoughts on the unconscious: reply to Brody and to Lewicki and Hill. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 242-244.
- Reber, AS (1993). *Implicit learning and tacit knowledge*. New York: Oxford University Press.
- Reed, J, Johnson, P (1994). Assessing implicit learning with indirect tests: determining what is learned about sequence structure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 585-594.
- Reingold, EM, Merikle, PM (1988). Using direct and indirect measures to study perception without awareness. *Perception & Psychophysics*, 44, 563-575.
- Remillard, G, Clark, JM (2001). Implicit learning of first-, second-, and third-order transition probabilities. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 483-498.
- Remillard, G (2003). Pure perceptual-based sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 581-597.
- Remillard, G (2008). Implicit learning of second-, third-, and fourth-order adjacent and nonadjacent sequential dependencies. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 400-424.
- Riedel, B, Burton, AM (2006). Auditory sequence learning: differential sensitivity to task relevant and task irrelevant sequences. *Psychological Research*, 70, 337-344.

- Rowland, LA, Shanks, DR (2006a). Sequence learning and selection difficulty. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 287-299.
- Rowland, LA, Shanks, DR (2006b). Attention modulates the learning of multiple contingencies. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 643-648.
- Rüsseler, J, Hennighausen, E, Rösler, F (2001). Response anticipation processes in the learning of a sensorimotor sequence. *Journal of Psychophysiology*, 15, 95-105.
- Rüsseler, J, Rösler, F (2000). Implicit and explicit learning of event sequences: evidence for distinct coding of perceptual and motor representations. *Acta Psychologica*, 104, 45-67.
- Schmidtke, V, Heuer, H (1997). Task integration as a factor in secondary-task effects on sequence learning. *Psychological Research*, 60, 53-71.
- Schneider, W, Shiffrin, RM (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84, 1-66.
- Schvaneveldt, RW, Gomez, R (1998). Attention and probabilistic sequence learning. *Psychological Research*, 61, 175-190.
- Seger, CA (1998). Multiple forms of implicit learning. En MA Stadler y PA Frensch (Eds), *Handbook of Implicit Learning* (pp. 295-320). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Shanks, DR (2003). Attention and awareness in 'implicit' sequence learning. En L Jiménez (Ed), *Attention and Implicit Learning* (pp. 11-42). Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Shanks, DR (2005). Implicit Learning. En K Lamberts y RL Goldstone (Eds), *Handbook of Cognition* (pp. 202-220). London: Sage.
- Shanks, DR, Channon, S (2002). Effects of a secondary task on 'implicit' sequence learning: learning or performance?. *Psychological Research*, 66, 99-109.
- Shanks, DR, Johnstone, T (1998). Implicit knowledge in sequential learning tasks. En MA Stadler y PA Frensch (Eds), *Handbook of implicit learning* (pp. 533-572). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Shanks, DR, Rowland, L, Ranger, MS (2005). Attentional load and implicit sequence learning. *Psychological Research*, 69, 369-382.
- Shanks, DR, St John, MF (1994). Characteristics of dissociable human learning systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 367-447.
- Shanks, DR, Wilkinson, L, Channon, S (2003). Relationship between priming and recognition in deterministic and probabilistic sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 248-261.
- Shin, JC, Ivry, RB (2002). Concurrent learning of temporal and spatial sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 445-457.

- Simon, JR (1990). The effects of an irrelevant directional cue on human information processing. En RW Proctor y TG Reeve (Eds), *Stimulus-response compatibility: An integrated perspective* (pp. 31-86). Amsterdam: Elsevier.
- Smyth, AC, Shanks, DR (2008). Awareness in contextual cueing with extended and concurrent explicit tests. *Memory & Cognition*, 36, 403-415.
- Soetens, E, Melis, A, Notebaert, W (2004). Sequence learning and sequential effects. *Psychological Research*, 69, 124-137.
- Song, JH, Jiang, YV (2005). Connecting the past with the present: how do humans match an incoming visual display with visual memory? *Journal of Vision*, 5, 322-330, <http://journalofvision.org/5/4/4/>, doi:10.1167/5.4.4.
- Stadler, MA (1989). On learning complex procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1061-1069.
- Stadler, MA (1995). Role of attention in implicit learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 819-827.
- Stadler, MA, Frensch, PA (1994). Whither learning, whither memory?. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 423-424.
- Stadler, MA, Frensch, PA (1998). *Handbook of implicit learning*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Stöcker, C, Sebal, A, Hoffmann, J (2003). The influence of response-effect compatibility in a serial reaction time task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A, 685-703.
- Vaquero, JMM, Jiménez, L, Lupiáñez, J (2006). The problem of reversals in assessing implicit sequence learning with the serial reaction time tasks. *Experimental Brain Research*, 175, 97-109.
- Willingham, DB (1998). A neuropsychological theory of motor skill learning. *Psychological Review*, 105, 558-584.
- Willingham, DB (1999). Implicit motor sequence learning is not purely perceptual. *Memory & Cognition*, 27, 561-572.
- Willingham, DB, Nissen, MJ, Bullemer, P (1989). On the development of procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1047-1060.
- Willingham, DB, Wells, LA, Farrell, JM, y Stemwedel, ME (2000). Implicit motor sequence learning is represented in response locations. *Memory & Cognition*, 28, 366-375.
- Wühr, P (2006). The simon effect in vocal responses. *Acta Psychologica*, 121, 210-226.
- Ziessler, M (1998). Response-effect learning as a major component of implicit serial learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24, 962-978.

Ziessler, M, Nattkemper, D (2001). Learning of event sequences is based on response-effect learning: further evidence from a serial reaction task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 595-613.

Zirngibl, C, Koch, I (2002). The impact of response mode on implicit and explicit sequence learning. *Experimental Psychology*, 49, 153-162.